

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DA CONFIABILIDADE**

MARCELO ANACLETO DINIZ

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM UMA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE UM
SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO DE UM PÓRTICO SOBRE PNEUS.**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

CURITIBA

2019

MARCELO ANACLETO DINIZ

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM UMA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE UM
SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO DE UM PÓRTICO SOBRE PNEUS.**

Monografia apresentada como requisito parcial para a obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Professor Emerson Rigoni, Dr.Eng.

CURITIBA

2019



TERMO DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM UMA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE UM SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO DE UM PÓRTICO SOBRE PNEUS.

por

MARCELO ANACLETO DINIZ

Esta monografia foi apresentada em 07 de outubro de 2019, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Engenharia da Confiabilidade, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Emerson Rigoni, Dr. Eng.
Professor Orientador - UTFPR

Prof. Marcelo Rodrigues, Dr.
Membro Titular da Banca - UTFPR

Wanderson Stael Paris, MSc
Membro Titular da Banca – UTFPR

Dedico este trabalho a minha esposa Vicki e minha filha Helena por sempre estarem torcendo pelo meu sucesso e com muita paciência e amor suportaram minha ausência nos dias de curso.

Também dedico este trabalho para meus pais Maria e João, que com muito amor, união e honestidade, foram capazes de mostrar qual o caminho correto da vida.

Ao meu irmão João (*in memoriam*) e minhas irmãs Rosana e Roselani que sempre estiveram ao meu lado nos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos meus amigos de trabalho que sempre compartilharam suas experiências profissionais visando o bem comum de todos.

AGRADECIMENTOS

Realizei esse trabalho visando desenvolver novas práticas de manutenção na área portuária de contêiner do Brasil e espero poder compartilhar essa experiência com todas as pessoas que passaram na vida profissional e todos aqueles que hoje de alguma forma contribuem direta ou indiretamente para essa mudança de cultura.

Quero agradecer aos integrantes de minha equipe pela cooperação do dia-a-dia.

Agradeço aos meus colegas gerentes, supervisores, engenheiros, técnicos, especialistas, profissionais e ajudantes da Portonave pelas trocas de experiências.

Agradeço em especial aos meus chefes Renê Duarte e Osmari Castilho pelo *coaching* natural ao longo desses anos e pela liberdade e confiança dada a mim, para que eu pudesse desenvolver minhas ideias e trabalhos.

Também aos meus supervisores Marcelo Angelo, Márcio Bugai e Juliano Adão e os engenheiros Rômulo Bellodi e Rodrigo Fiori pela dedicação e comprometimento para comigo e a Portonave.

Aos colegas de sala pelos compartilhamentos de conhecimentos.

Aos professores que dispuseram seus tempos preciosos para compartilhar seus conhecimentos durante o curso.

“A maior capacidade é a confiabilidade.” (RICK WARREN)

“A confiabilidade de uma informação é relativo a confiança de sua fonte”. (RANGELTHR)

RESUMO

DINIZ, Marcelo Anacleto. **APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM UMA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE UM SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO DE UM PÓRTICO SOBRE PNEUS**, 2019. 92. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

Aplicação de manutenção centrada na confiabilidade em uma sapata pantográfica automatizada de um sistema de eletrificação de pórtico sobre pneus é o primeiro passo para uma mudança de cultura na área de manutenção de terminal de contêiner, visando atender uma demanda mundial de grandes fusões entre armadores de navios que possuem portos pelo mundo, onde o maior objetivo, é a alta produtividade de movimentação dos terminais para reduzir tempo de navios atracados e fortalecendo a origem da serventia dos navios, que é estar navegando e ligando o mundo. Considerando que a produtividade é o objetivo, a gestão dos ativos dos terminais portuários de contêiner, se torna necessário para alcançar os melhores resultados com os menores custos possíveis sem perder a qualidade e segurança. Que não será fácil, por conta das tecnologias aplicadas na movimentação de contêineres dentro dos terminais, principalmente nos pórticos sobre pneus, que na sua origem eram pesados, lentos e inseguros e se transformaram em máquinas de 4ª geração de alto valor agregado, onde em alguns portos já são manuseados a distância por um profissional que opera ao mesmo tempo outros equipamentos. Esse cenário lembra muito as características de outros tipos de negócios como aviação, energia e forças armadas, porque também os portos são estratégicos para os governos mundiais, por saberem que tudo do mundo inteiro passa pelos portos. Esse trabalho gerou resultados rapidamente e foram evidenciados através da redução do custo de manutenção, aumento do tempo entre as falhas e conseqüentemente a melhora da confiabilidade do dispositivo, também motivou os envolvidos pela integração das áreas e a valorização da experiência, além disso, foi comprovado que a decisão de aplicar o método para esse tipo de equipamento foi acertada e que é possível aplicar em todos os equipamentos da empresa visando preparara a empresa para objetivos maiores.

Palavras-chave: Metodologia. Tecnologia. Manutenção centrada na confiabilidade. Ativos. Mudança. Cultura.

ABSTRACT

DINIZ, Marcelo Anacleto. **RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE IMPLEMENTATION ON DRIVE-IN UNIT OF RUBBER TIRED GANTRY CRANE ELETRIFICATION SYSTEM.** 2019. 92. Monograph (Reliability Engineering Specialization) -. Federal Technology University of Paraná. Curitiba. 2019.

Reliability-Centered Maintenance application on drive-in of rubber tired gantry crane electrification system is the first step towards a culture change in the container terminal maintenance area, aiming to meet a Global demand for large mergers among ship-owners who have ports around the world, where the main objective is the high productivity of terminal movements to reduce time of docked ships and to strengthen the origin of the ships ' shared, which is to be Navigating and linking the world. Considering that productivity is the objective, the management of the assets of port contêiner terminals, becomes necessary to achieve the best results with the lowest possible costs without losing quality and safety. That it will not be easy because of the technologies applied in the handling of contêineres within the terminals, mainly in the rubber tired gantry cranes, which in their origin were heavy, slow and unsafe and turned into machines of 4th generation of high added value, Where in some ports are already handled the distance by a professional who operates at the same time other equipment. This scenario resembles the characteristics of other types of business such as aviation, energy and armed forces, because ports are also strategic for world governments, as they know that everything from all over the world passes through the ports. This work generated results quickly and were evidenced by reducing the cost of maintenance, increasing the time between failures and consequently improving the reliability of the device, also motivated those involved by the integration of the areas and the Appreciation of the experience, moreover, it was proven that the decision to apply the method for this type of equipment was correct and that it is possible to apply in all the equipment of the company aiming to prepare the company for larger objectives.

Keywords: Methodology. Technology. Reliability Centered Maintenance. Active. Change. Culture

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Demonstração do Tipo de Manutenção de Adotada na Portonave.....	19
Figura 1.2 – Pórtico sobre pneus.....	21
Figura 1.3 – Transtainer.....	21
Figura 2.1 – Tonel de Transporte de Mercadorias.....	29
Figura 2.2 – Contêiner de 20ft.....	30
Figura 2.3 – Navio <i>GATEWAY CITY</i>	30
Figura 2.4 – Mapa de Terminais de Contêineres no Brasil.....	31
Figura 2.5 – Gráfico de Carga do Equipamento do Pórtico Sobre Pneus.....	39
Figura 2.6 – Esquemático de um Sistema de Eletrificação.....	40
Figura 2.7 – Barramento.....	40
Figura 2.8 – Sapata Pantográfica Automatizada.....	41
Figura 2.9 – Automação do Sistema de Eletrificação.....	41
Figura 2.10 – Forma de Instalação do sistema.....	42
Figura 3.1 – Evolução da Manutenção.....	44
Figura 3.2 – Classificação de Falhas.....	53
Figura 3.3 – Estágios Evolutivos da Falha.....	54
Figura 3.4 – FMECA.....	59
Figura 3.5 – Diagrama Lógico de Decisão.....	61
Figura 3.6 – Diagrama de Decisão.....	62
Figura 3.7 – Formulário de Árvore de decisão.....	62
Figura 3.8 – Lógica de Decisão MCC.....	67
Figura 4.1 – Imagem 3D da Sapata Pantográfica Automatizada.....	82
Figura 4.2 – Desenho das Partes de Montagem da Sapata Pantográfica Automatizada.....	83
Figura 4.3 – Diagrama de Fronteiras.....	84
Figura 4.4 – Instrução de Trabalho.....	91
Figura 4.5 – Plano de Manutenção DIU.....	92

LISTA DE FOTOS

Foto 1.1 – Enrolador de Cabos.....	23
Foto 1.2 – Barramento Eletrificação.....	23
Foto 1.3 – Sistema de Eletrificação de Pórtico Sobre Pneus Instalado.....	24
Foto 2.1 - PORTONAVE S/A - Terminal Portuário de Navegantes.....	33
Foto 2.2 – STS.....	34
Foto 2.3 – RTG.....	35
Foto 2.4 – Terminal Tractor.....	35
Foto 2.5 – Reach Stacker.....	36
Foto 2.6 – Empty Contêiner Handler.....	36
Foto 2.7 – Semi Reboque.....	37
Foto 2.8 – Spreader.....	37
Foto 2.9 – Iceport.....	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1 – Histórico do MTBF do Pórtico Sobre Pneus.....	42
Gráfico 4.1 – Gráfico de Pareto dos Sistemas.....	79
Gráfico 4.2 – Gráfico de Pareto dos 3 Subsistemas.....	80
Gráfico 4.3 – Indicador 2018 do Setor Portuário Classe Mundial.....	93
Gráfico 4.4 – Indicador de Disponibilidade 2018 do Pórtico Sobre Pneus.....	94
Gráfico 4.5 – Indicador de TMEF 2018 de Equipamentos.....	94
Gráfico 4.6 – Indicador de Tmpr 2018 de Equipamentos.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Avaliação de derência.....	71
Quadro 4.2 – FMECA.....	85
Quadro 4.3 – Seleção das Funções.....	87
Quadro 4.4 – Seleção de Tarefas.....	88
Quadro 4.5 – Definição de Intervalos Iniciais.....	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1– Níveis de Detectabilidade de Risco.....	55
Tabela 3.2 – Níveis de Frequência de Modo de Falha.....	56
Tabela 3.3 – Níveis de Severidade de Risco.....	56
Tabela 3.4– Níveis de Aceitabilidade de Risco.....	57
Tabela 3.5 – Matriz de Risco.....	57
Tabela 4.1 – Descrição funcional das partes principais do DIU	83

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÔNIMOS

ATA	<i>Air Transport Association</i> Associação de Transporte Aéreo Americano
CLP	Controlador Lógico Programável
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i> Sistema de Gerenciamento de Manutenção Computadorizado
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i> Instituto Alemão de Normatização
DIU	<i>Drive-In Unit</i> Sapata Pantográfica Automatizada
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve e Control</i> Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> Planejamento de Recursos da Empresa
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i> Administração de Aviação Federal
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i> Análise dos Modos de Falha e seus Efeito
FMECA	<i>Failure Mode Effect and Criticality Analysis</i> Análise dos Modos de Falha e seus Efeito e sua Criticidade
GEE	Gases do Efeito Estufa
GUT	Gravidade, Urgência, Tendência
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> Organização Internacional para Padronização
KPI	<i>Key Performance Indicator</i> Indicador Chave de Desempenho
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MSG	<i>Maintenance Steering Group</i> Grupo Governamental “de Condução” da Manutenção
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NR	Norma Regulamentadora
OEA	Organização dos Estados Americanos
OGMO	Órgão Gestor de Mão de Obra
OHSAS	<i>Occupational Health and Safety Assessment Series</i> Série de Avaliação de Segurança e Saúde Ocupacional
PDCA	<i>Planning, Do, Check, Action</i> Planejar, Fazer, Checar e Agir
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i> Manutenção Centrada em Confiabilidade
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i> Sociedade de Engenheiros Automotivos
SGI	Sistema de Gestão Integrada
STS	<i>Ship-to-Shore</i> Guindaste de Cais
TEU	<i>Twenty Feet or Equivalent Unit</i> Unidade Equivalente a Container de 20Pés
TMEF	Tempo Médio Entre Falhas
TMPR	Tempo Médio Para Falhas

TOS	<i>Terminal Operation System</i> Sistema Operacional do Terminal
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> Manutenção Produtiva Total
TUP	Terminal de Uso Privado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
1.1	TEMA DA PESQUISA.....	19
1.2	PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA.....	21
1.3	OBJETIVOS.....	25
1.3.1	Objetivo Geral.....	25
1.3.2	Objetivos Específico.....	25
1.4	JUSTIFICATIVAS.....	25
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	26
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	27
2	PÓRTICO SOBRE PNEUS COM SAPATA PANTOGRÁFICA	
	AUTOMATIZADA.....	28
2.1	INTRODUÇÃO.....	28
2.2	HISTÓRIA DO CONTÊINERES.....	28
2.3	EVOLUÇÃO DOS TERMINAIS DE CONTÊINERES NO BRASIL.....	31
2.4	PORTONAVE S/A – TERMINAIS PORTUÁRIOS DE NAVEGANTES.....	33
2.4.1	Pórtico Sobre Pneus.....	38
2.5	SÍNTESE E CONCLUSÃO.....	43
3	MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC.....	44
3.1	INTRODUÇÃO.....	44
3.2	HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO.....	44
3.3	CONCEITO DO MCC.....	46
3.3.1	Cronologia da MCC.....	46
3.3.2	Normalização da MCC.....	47
3.3.3	Aplicações da MCC.....	48
3.4	PROBLEMAS DA MANUTENÇÃO.....	49
3.4.1	Objetivos da Manutenção.....	49
3.5	CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS & QUESTÕES BÁSICAS.....	50
3.6	SEQUÊNCIA DE IMPLEMENTAÇÃO.....	51
3.7	ANÁLISE.....	52
3.7.1	Funções.....	52
3.7.2	Falhas.....	53
3.7.3	Modo de Falha.....	54

3.7.4	Efeito da Falha.....	54
3.7.5	Documentação de Falhas.....	58
3.7.5.1	FMEA – Análise dos Modos de Falha e seus Efeito.....	58
3.7.5.2	FMECA – Análise dos modos de falha, seus efeitos e Criticidade.....	58
3.8	DECISÃO.....	61
3.8.1	Funções Significantes.....	61
3.9	APLICABILIDADE DA MANUTENÇÃO.....	63
3.9.1	Critérios de Aplicabilidade.....	63
3.9.2	Denominações das Atividades.....	64
3.9.3	Efetividade da Manutenção.....	64
3.9.3.1	Critérios de Efetividade.....	64
3.9.4	Seleção das Atividades.....	65
3.9.4.1	Processo de Seleção.....	65
3.9.4.1.1	Priorização das Atividades.....	65
3.9.4.1.2	Processo de Decisão.....	66
3.9.5	Implementação.....	68
3.9.5.1	Periodicidade da Manutenção.....	68
3.9.5.2	Processo de Implantação.....	68
3.9.6	Síntese da Conclusão do Capítulo.....	68
4	APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UMA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE UM SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO DE UM PÓRTICO SOBRE PNEUS.....	70
4.1	FUNCIONAMENTO DA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADO...70	70
4.2	IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DO MCC.....	70
4.2.1	Etapa 0 – Adequação da MCC.....	71
4.2.2	Etapa 1 – Preparação.....	76
4.2.2.1	Equipe de Manutenção.....	76
4.2.2.2	Patrocinador Interno.....	76
4.2.2.3	Facilitador Interno.....	76
4.2.2.4	Método e Estratégia de Implementação.....	77
4.2.2.5	Sistemas Candidatos.....	77
4.2.2.6	Treinamentos.....	77
4.2.2.7	Calendários de Reuniões.....	77

4.2.2.8	Cronograma de Implementação.....	78
4.2.2.9	Previsão Orçamentária.....	78
4.2.3	Etapa 2 – Seleção do Sistema e Coleta das Informações.....	79
4.2.3.1	Seleção do Sistema.....	79
4.2.3.1.1	Método utilizados para Seleção do Sistema.....	79
4.2.3.1.2	Crterios utilizados para Seleção do Sistema.....	80
4.2.3.1.3	Resultados obtidos para a Seleção do Sistema.....	80
4.2.3.2	Coleta de Informações.....	80
4.2.3.2.1	Documentação do Sistema.....	80
4.2.3.3	Especificação do Contexto Operacional.....	81
4.2.3.4	Definição das Fronteiras do Sistema.....	82
4.2.4	Etapa 3 – FMECA Análise dos modos de falha, seus efeitos e Criticidade.....	85
4.2.5	Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes e Classificação de Seus Modos de Falhas.....	87
4.2.6	Etapa 5 – Seleção das Tarefas da Manutenção Aplicáveis e Efetivas.....	88
4.2.7	Etapa 6 –Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção.....	89
4.2.8	Etapa 07 – Redação do Manual e Implementação.....	91
4.2.8.1	Manual.....	91
4.2.8.2	Implementação.....	91
4.2.9	Etapa 8 – Acompanhamento e Realimentação.....	93
4.2.9.1	Indicadores de Desempenho.....	93
4.2.9.2	Realimentação.....	95
5	CONCLUSÃO	96
5.1	Sugestões de Trabalhos Futuros.....	96
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98

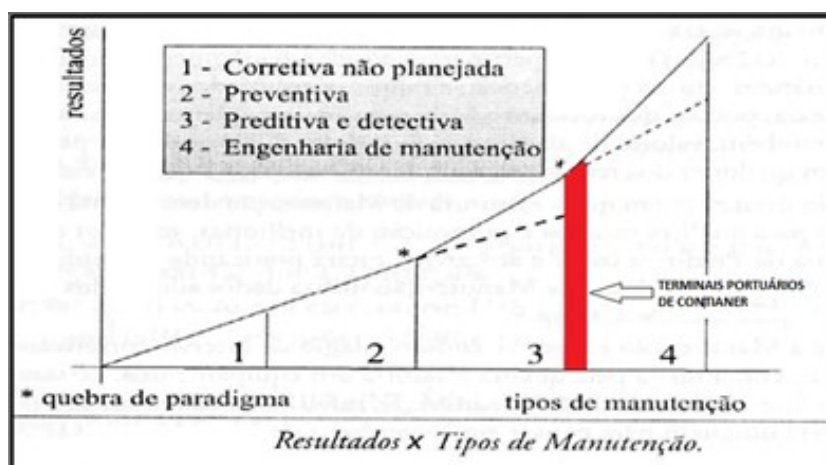
1 INTRODUÇÃO.

O trabalho pretende desenvolver uma mudança de cultura na maneira de fazer manutenção em terminal portuário de contêiner, visando o aumento da confiabilidade, reduzindo custos e aumentando a segurança através da aplicação de manutenção centrada em confiabilidade.

1.1 TEMA DA PESQUISA.

Visa potencializar e otimizar a mão de obra naquilo que mais interessa, que é garantir a saída do navio no horário programado. Atualmente são aplicados planos de manutenção, metodologias e procedimentos nos terminais portuários de contêiner. Porém, ainda não existem definições dos elementos críticos nos equipamentos portuários de forma quantitativa e qualitativa. Apenas existem conceitos empíricos dentro da confiabilidade que garantem os processos em andamento sem maiores problemas e conseguindo atingir as metas, porém muitas vezes com custos altos.

Figura 1.1 – Demonstração do Tipo de Manutenção Adotada na Portonave



Fonte: adaptado de PINTO e XAVIER (2001).

Considerando o histórico da área portuária de contêineres, as empresas do setor sempre ficaram bem atrás das grandes empresas brasileiras quando se comparam às estratégias de manutenção existentes e muitas até hoje ainda estão na

2ª geração. Porém, existem alguns terminais portuários que já atuam na manutenção com os princípios básicos da engenharia da confiabilidade (Figura 1.1).

A preocupação de evoluir forte na engenharia da manutenção nos grandes terminais portuário de contêineres no Brasil e em especificamente no MCC é defendido por poucos. Isso porque, neste ramo de negócio tem-se ainda margens de lucro altíssimas se comparados a outros, por isso, os custos são mal controlados, a segurança está em segundo plano, os indicadores são reativos e planos de manutenção replicam quando muito os *databooks* das máquinas.

Diante disso e considerando o conceito de manutenção, conforme a ABNT NBR 5462 – 1994, “Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em estado no qual este possa desempenhar sua função requerida” agregando ainda parte do conceito moderno de manutenção definida por Pinto e Xavier (2009), onde a manutenção deve atender ao processo de produção e a preservação do meio ambiente, com confiabilidade, segurança e custos adequados.

Conforme estas informações, será demonstrado a implementação do MCC na eletrificação de pórtico sobre pneus respeitando as literaturas e normas vigentes.

1.2 PREMISSAS E PROBLEMA DE PESQUISA.

Os pórticos sobre pneus (figura 1.2) são equipamentos evoluídos dos antigos *Transtainers* (figura 1.3).

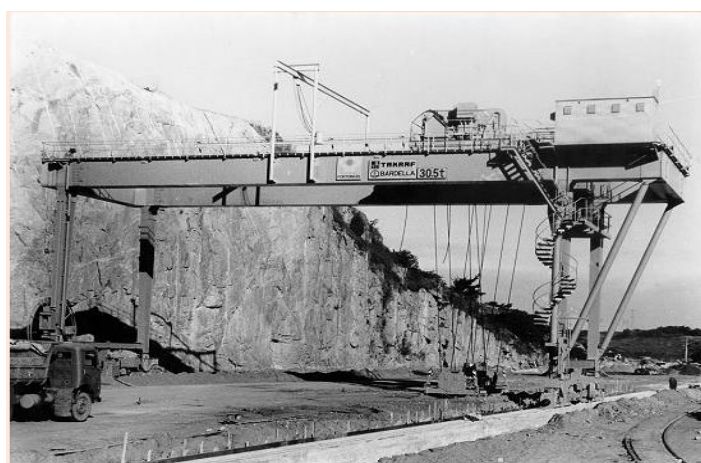
Figura 1.2 – Pórtico Sobre Pneus



Fonte: TurboSquid (2019).

Os *Transtainers* eram usados nos pátios de contêineres na década de 70.

Figura 1.3 – *Transtainer*



Fonte: Docsity (2019).

Contudo, com o crescimento do modal de contêineres, as empresas necessitaram otimizar as operações dos pátios de contêineres, porque dentro da característica da logística de contêiner, deve existir uma operação de pátio de alto

desempenho para atingir uma alta produtividade na movimentação do navio. Isso tudo porque os embarques e desembarques de navios não tinham programação garantida de atracação, devido aos vários problemas operacionais e ambientais. A questão naquele tempo não era custo ou segurança, era simplesmente operacional. Então na década de 90, alguém questionou que *Transtainer* deveria transladar em várias direções para facilitar chegar até o contêiner. Resumindo, ele poderia atender um pátio gigante com poucos equipamentos pois as máquinas teriam condição de ir até o contêiner independente do posicionamento no pátio.

Foi quando um fabricante de guindaste desenvolveu um novo pórtico sobre pneus com uma unidade singela de geração de energia através de gerador a diesel. Esse novo equipamento não era limitado por trilhos e conseguia girar as rodas para diversas direções, não precisa ter cabos elétricos ligados para alimentá-lo. Contudo, a grande invenção tinha um alto consumo de diesel e gerava uma grande emissão de gases poluentes. No ano 2000 o pórtico sobre pneus já estava difundido mundialmente, era maior, mais rápido e tinha se transformado em equipamento básico de qualquer projeto de terminal.

Porém, na mesma década o mundo passava por transformações sem retorno. A preocupação com o meio ambiente já era uma realidade, considerando os impactos ambientais gerados pelos gases do efeito estufa.

O pórtico sobre pneus que era considerado uma solução de produtividade dos terminais portuários, tinha virado o grande vilão de custos, porque o impacto da globalização, valor alto do barril de petróleo e custos altos da navegação, reduziram a movimentação de contêiner. A economia mundial entraria em uma recessão histórica.

Diante disso, os especialistas dessas máquinas deslumbraram que poderiam mudar a geração singela de energia a diesel para transporte de energia elétrica por cabo elétrico, os *Cable Reel* (enroladores de cabos), (foto 1.1) ou *busbar* (barramentos), (foto 1.2).

Foto 1.1 – Enrolador de Cabos



Fonte: Port of Koper (2016).

Visando reduzir custos com energia e em paralelo, reduzir a emissão de gases do efeito estufa. Porém, mais uma vez fizeram o equipamento de movimentação de pátio de contêiner ficar preso em uma determinada área. Diante disso, a tecnologia foi adotada parcialmente, principalmente na Ásia e Europa, onde as questões ambientais já possuíam leis de incentivo com créditos de carbono. Mas, no restante do mundo onde o principal era produtividade, demorou vingar a ideia.

Foto 1.2 – Barramento Eletrificação

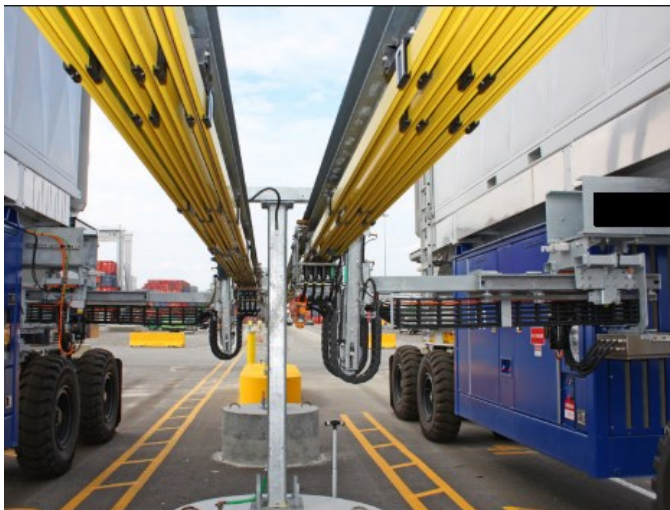


Fonte: Port of Koper (2016).

A partir de 2013, os grandes fabricantes alemães de sistemas de transporte de energia, lançaram um novo sistema, onde as sapatas pantográficas se transformaram em braços telescópicos inteligentes, (foto 1.3), fazendo com que as máquinas pudessem transladar para todos os locais nos pátios de contêineres, permitindo a possibilidade de reduzir a quantidade de máquinas no pátio, ter a mesma produtividade com redução de custo com energia e, ganhavam ainda, a redução de

gases do efeito estufa. A nova imagem de terminais portuário *Green Field*, se torna uma possibilidade forte para os investidores.

Foto 1.3 – Sistema de Eletrificação de Pórtico Sobre Pneus Instalado



Fonte: Conductix Wampfler USA (2012).

No Brasil a 1ª empresa portuária a ter todos os pórticos sobre pneus modificados de diesel para elétrico foi a Portonave S/A – Terminais Portuário de Navegantes, tendo como premissas iniciais a redução de consumo de diesel e lubrificantes, redução de emissão de gases do efeito estufa, aumento de disponibilidade e confiabilidade e redução de custos de manutenção,

Nesse projeto foram investidos aproximadamente R\$ 23.000,000,00 (vinte e três milhões de reais) e concluído em um prazo de 10 meses. Todos os equipamentos foram modificados e iniciaram a operação com força total em 01/04/2016. No final de 2016 foram levantados os indicadores e comparados com o mesmo período do ano anterior e apenas o indicador de tempo médio entre falhas piorou o resultado.

Perante essas informações, qual será a solução adotada para melhorar a confiabilidade da sapata pantográfica automatizada do sistema de eletrificação do pórtico sobre pneus?

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 Objetivo Geral.

Implementar a MCC para melhoria do processo de manutenção da sapata pantográfica automatizada de um sistema de eletrificação de um pórtico sobre pneus existente na Portonave S/A.

1.3.2 Objetivos Específico.

- Identificar as principais causas de falhas de um braço telescópico automatizado de um sistema de eletrificação de um pórtico sobre pneus.
- Analisar as metodologias existentes para implantação da MCC que mais se adequam às características de manutenção portuária;
- Definir qual a metodologia a ser aplicada;
- Identificar os pontos críticos para adoção do MCC, visando criar uma estratégia para reduzir as perdas durante o processo;
- Desenvolver o processo de implementação da MCC;

1.4 JUSTIFICATIVAS.

A demanda de movimentação de contêineres vem caindo ao longo dos 5 anos. A empresa já realizou diversas ações para minimizar os impactos financeiros e operacionais. Conseguiu-se minimizar as perdas em momentos importantes, mas estrategicamente também existem as variáveis de infraestrutura que devido à falta de ações do governo vem provocando um êxodo de clientes e consequentemente fortalecendo os concorrentes.

Desta forma, se faz necessário que todas as áreas envolvidas no macroprocesso realizem ações para reduzir gargalos operacionais com otimização de processos para obter a maior produtividade. Visto que a produtividade está diretamente relacionada à redução dos custos e pode propiciar aumento de faturamento, melhorias na confiabilidade e disponibilidade dos equipamentos

produtivos podem contribuir significativamente para aumentar a competitividade das organizações (SANTOS *et al.*, 2007; MÁRQUEZ *et al.*, 2009; NIU *et al.*, 2010).

Considerando a área da manutenção, tem como maior objetivo manter os equipamentos operacionais com a mesma produtividade até o fim da vida útil, respeitando legislação, normas, meio ambiente e segurança. Além disso, a melhoria das atividades de manutenção pode conduzir a melhorias na segurança, nas relações com o meio ambiente e no atendimento aos requisitos normativos da empresa (BLOOM, 2006; RAUSAND, 1998).

Por isso, considerando o bom desempenho operacional terminal ao longo dos anos, não é possível simplesmente adotar um programa de manutenção mais moderno para fazer melhor. Precisa ser analisado as criticidades e relevâncias das atividades para definir como fazer melhor com menos esforço e, conseqüentemente, com menor custo.

São considerados os casos de sucesso de implementação da MCC em empresas de ramos diferentes, em uma visão estratégica quando se fala de infraestruturas de um país como o Brasil. Pode-se identificar como exemplo, a área de defesa de marinha, pelo fato de utilizar os mesmos equipamentos de movimentações de cargas que os portos em geral.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

Serão adotados procedimentos existentes nas normas vigentes de MCC, em especial as normas *SAE JA 1011* e *SAE JA 1012*, considerando a qual tem a maior aderência com a área portuária de contêiner.

Para isso, será necessário fazer uma leitura profunda das normas e verificar aplicações das mesmas em campos diversos para verificar a praticidade para com os ativos da empresa.

Serão utilizados os dados históricos de falha do grupo de equipamentos pórticos sobre pneus, oriundo do banco de dados do software de manutenção da Portonave S/A. Serão analisadas em específico as falhas ocorridas no dispositivo sapata pantográfica automatizada do sistema de eletrificação em um período determinado, visando identificar quais os principais modos de falhas e quantificá-los, considerando as falhas com maior impacto operacional.

O programa Excel será utilizado como ferramenta quantitativa.

O próximo passo é selecionar o grupo de pessoas de determinadas áreas de conhecimento dentro do processo interno da empresa para participarem da elaboração do FMECA.

Considerando que o grupo de FMECA esteja concluído, será realizado o preenchimento dos documentos e levantamento de quais os pontos mais relevantes para as ações.

Serão incluídas as ações existentes no plano de manutenção da Portonave para a solução e eliminação dos modos de falhas existentes ou serão desenvolvidas novas atividade considerando a realidade de mercado.

Será descrito todo o processo como procedimentos da empresa para realização de auditorias periódica e verificação da conformidade legal.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO.

O primeiro capítulo demonstrou a relevância do trabalho considerando o mercado brasileiros de terminais portuário de contêineres.

O segundo capítulo demonstrará os detalhes do funcionamento de um terminal portuário e em específico, a parte do processo onde pórticos sobre pneus são os equipamentos de extrema importância.

O terceiro capítulo será demonstrado o referencial teórico do MCC.

O quarto capítulo apresenta a aplicação da MCC como metodologia de melhoria de processo de manutenção de DIU de um sistema de eletrificação.

O último capítulo apresenta resultados obtidos com a implementação da MCC, as lições aprendidas com a realização da implantação dentro do processo de manutenção na Portonave e a conclusão final.

2 PÓRTICO SOBRE PNEUS COM SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADA.

2.1 INTRODUÇÃO.

Esse capítulo visa apresentar a história do contêiner, a evolução dos terminais portuário do Brasil, o nascimento da Portonave Brasil, os equipamentos portuários, até chegar ao processo operacional e onde o pórtico sobre pneus está inserido. Demonstra a importância do pórtico sobre pneus se comparado a outros equipamentos, bem como seus detalhes técnicos construtivos e suas características operacionais.

Apresentar-se-ão os resultados operacionais, financeiros e custos de manutenção referentes à operação e manutenção dos pórticos sobre pneus da Portonave.

2.2 HISTÓRIA DO CONTÊINERES.

A necessidade de garantir a integridade das cargas no transporte marítimo, obrigou-se que desde o começo das navegações, fossem usados dispositivos resistentes de fácil manuseio para proteger as cargas. Com o invento das caravelas, foi possível a realização de longas viagens marítimas, porém com muitas dificuldades, pois as cargas perecíveis não suportavam o manuseio. Foi a partir daí que o Tonel (figura 2.1) ganhou uma importância na área marítima, por ter as características necessárias para o transporte marítimo considerando principalmente o manuseio e proteção sanitária.

Com a evolução de engenharia, os navios foram transformados em máquinas gigantescas que podiam transportar grandes pesos, porém ainda tinham a dificuldade com os volumes das cargas.

Figura 2.1– Tonel de Transporte de Mercadorias



Fonte: *Depositphotos* (2019).

Por necessidades de aumentar a capacidade de volume, o Tonel foi substituído por outros tipos de recipientes visando atender a evolução industrial. Contudo, o aumento de cargas manufaturadas e com características próprias obrigou os transportadores de carga a segregarem cargas de forma fracionada nos navios.

Considerando toda a dificuldade de manuseio, custos altos de adaptações dos navios para transportar cargas e muitas perdas consideráveis daquilo que era transportado. Os países perceberam que precisavam criar um tipo de embalagem que fosse robusta, fácil manuseio, metálica, e com dimensões padrões.

Inicialmente uma caixa metálica criada pelo americano Malcom Purcell McLean foi chamada de contêiner, mas sem padronização mundial. Foi quando a *ISO – International Standard Organization* assumiu a responsabilidade de padronizar o contêiner (figura 2.2).

Segundo a lei brasileira “O *contêiner* é um recipiente construído de material resistente, destinado a propiciar o transporte de mercadorias com segurança, inviolabilidade e rapidez, dotado de dispositivo de segurança aduaneira e devendo atender às condições técnicas e de segurança previstas pela legislação nacional e pelas convenções internacionais ratificadas pelo Brasil”. Esta é a definição dada pelo Artigo 4º do Decreto nº 80.145 de 15 de agosto de 1977.

Figura 2.2 – Contêiner de 20Pés



Fonte: *Indiamart* (2019).

Em meados de outubro de 1957 o primeiro contêiner padronizado de 35 *feets* (pés), foi transportado no 1º navio porta-contêiner da história, o *GATEWAY CITY* (figura 2.3).

Figura 2.3 – Navio *GATEWAY CITY*



tpm-asia.com

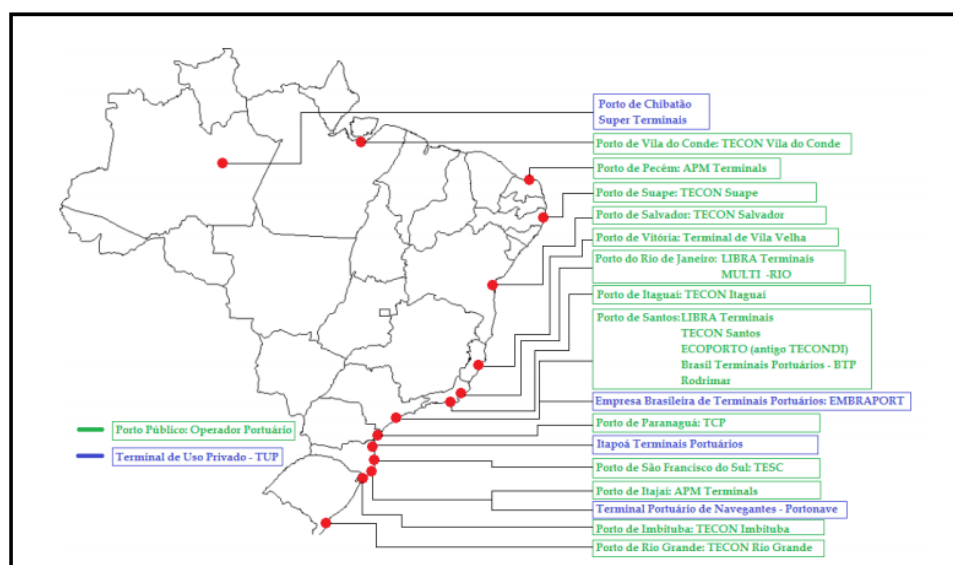
Fonte: *Dcomercio* (2019).

A partir deste, foi criada a unidade de 20 *feets* equivalente a um *TEU* – *Twenty feet or Equivalent Unit* e nesse momento o transporte de contêiner foi deslumbrado para o mundo e todos os países começaram a se adaptar para receber as caixas metálicas padronizadas.

2.3 EVOLUÇÃO DOS TERMINAIS DE CONTÊINERES NO BRASIL.

Os terminais de contêineres no Brasil estão espalhados em mais de 8.000 Km da costa brasileira (figura 2.4). Dentre eles existem duas categorias, os terminais de contêineres arrendados e os terminais de uso privado – TUP.

Figura 2.4 – Mapa de Terminais de Contêineres no Brasil



Fonte: SILVINO (2017).

Os terminais arrendados e privados, são os terminais onde o governo após a promulgação da lei 8.630 de 1993, conhecida como “Lei da Modernização dos Portos” possibilitou arrendar as áreas, antes de controle estatal, para a iniciativa privada, através de arrendamento de áreas e gestão de mão de obra. Essa mudança abriu a possibilidade de modernização dos portos de contêineres no Brasil, fazendo com que a década de 1990 fosse o divisor de águas no tocante na melhoria da prestação de serviço portuários para os grandes armadores de navios de contêineres, que aqui já operaram, mas com muitas restrições operacionais.

As empresas privadas que arrendaram as áreas nos portos brasileiros com uso fruto de 25 anos com possibilidade de renovação por mais 25 anos, no primeiro momento eram grandes conglomerados logísticos nacionais assumindo o papel de evoluir a operação de contêineres, aos patamares internacionais referenciados pelos portos de Rotterdam, Singapura e Hong Kong. Porém, ainda existia a obrigação de questões de mão de obra avulsa como Estivadores e OGMO – Órgão Gestor de Mão

de Obra que limitavam a liberdade operacional pelos sindicatos dessas categorias amparados pelas leis que teria inicialmente o viés de melhorias dos processos.

Considerando que deveria haver uma regulação do novo setor portuário nacional, o governo federal em 5 de junho de 2001, foi promulgada a Lei nº 10.233 visando promover a reestruturação dos transportes e criou a ANTAQ – Agência Nacional de Transportes Aquaviários. Sendo um dos principais objetivos da ANTAQ a regulação, supervisão e fiscalização das atividades de prestação de serviços de transportes aquaviários e atividades de exploração dos terminais portuários.

A lei 8.630 de 1993, conhecida como “Lei da Modernização dos Portos”, também possibilitou a autorização “outorga de direito à exploração de instalação portuária localizada fora da área do porto organizado e formalizada mediante contrato de adesão”, esse por sua vez é formalizado por um contrato de autorização com cláusulas pré-determinadas. Surgindo assim os Terminais de Uso Privado – TUP.

Dentro desse contexto de TUP foi criada a Portonave S/A – Terminais Portuários de Navegantes, um projeto de vanguarda no setor portuário brasileiro como sendo o 1º terminal de contêiner privado do Brasil. Esse projeto começou a tomar forma em 1995 após a promulgação da Lei 8.630 e em 2005 iniciou-se a construção do terminal portuário na cidade de Navegantes-SC. Em outubro de 2007 iniciou as operações o terminal de contêiner que desde do começo já demonstrava diferentes concepções, sendo a mais impactante a utilização de 100% de mão de obra própria, a qual gerou grande descontentamento dos sindicatos locais de mão de obra avulsa que trabalhava no terminal arrendado do outro lado do rio Itajaí Açu. Inicialmente foi complicado para a nova empresa que começava as operações porque os sindicatos organizaram várias formas de impedir que o sonho de um terminal privado em Navegantes ganhasse espaço no mercado de contêiner na região do Vale do Itajaí em Santa Catarina. Houveram batalhas jurídicas que geraram acordos adequados que possibilitou o início das operações de contêiner sem mais interferência.

2.4 PORTONAVE S/A – TERMINAIS PORTUÁRIOS DE NAVEGANTES.

Localizada na cidade de Navegantes, em Santa Catarina, a Portonave (foto 2.1) iniciou suas operações em outubro de 2007, como o primeiro terminal portuário privado do país. A empresa atua no escoamento da produção das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e de outros países da América do Sul e no recebimento de cargas de todo o mundo.

Foto 2.1 – PORTONAVE S/A - Terminal Portuário de Navegantes



Fonte: Portonave (2019).

Reconhecida internacionalmente pela qualidade na prestação de serviços e pela alta produtividade, a companhia emprega diretamente mais de 1,1 mil colaboradores e tem como premissa o compromisso com a excelência e promoção do desenvolvimento sustentável.

Como um importante diferencial competitivo, a Portonave possui uma câmara frigorífica – a Iceport – totalmente automatizada, com seis transelevadores, e capacidade estática de 16 mil posições pallets. Além de uma antecâmara com 13

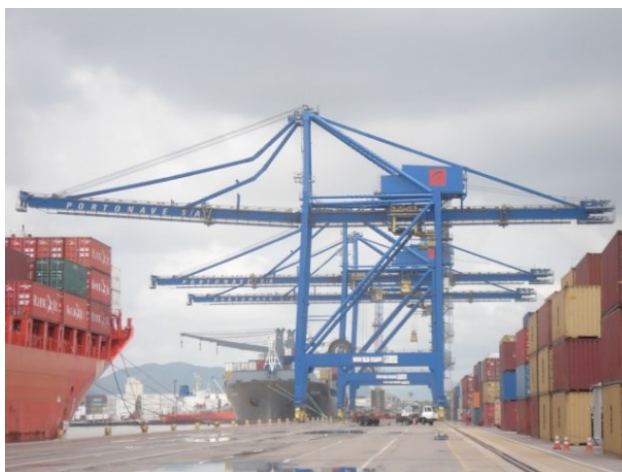
docas para o recebimento das cargas. Ao todo são 50 mil m² de área para armazenagem.

Atualmente, a Portonave possui área total de 400 mil m², sendo cerca de 360 mil m² de área alfandegada, dividida em três berços de atracação, em um cais linear de 900m, com capacidade estática de armazenagem de 30 mil *TEUs* (unidade de medida equivalente a um contêiner de 20 pés), 10 *Gates* sendo 07 reversíveis.

A posição de destaque é assegurada pela infraestrutura de equipamentos importados do Terminal: 06 *STS* – *Ship-to-Shore* (foto 2.2), 18 *RTG* - Pórticos sobre pneus (foto 2.3), 40 *TT* - *Terminal tractors* (foto 2.4), 05 *RS* -*Reach Staker* (foto 2.5) e 04 *ECH*- *Empty Contêiner Handler* (foto 2.6), 54 semi-reboques (foto 2.7), 30 *Spreader* (foto 2.8), 02 *Scanner* e 2.130 mil tomadas *reppers* em plataformas para 5^a altura de empilhamento e estão entre os diferenciais oferecidos pela Portonave.

Ship-to-Shore – São pórticos de gigante porte que realizam os manuseios de contêineres do navio para o cais e vice-versa, sua principal característica é realizar o trabalho de carregamento e descarregamento de contêineres com alta produtividade sem a necessidade de apoio de estivadores.

Foto 2.2 – *STS*



Fonte: o autor (2013).

RTG – São pórticos sobre pneus de médio porte que manuseiam contêineres no pátio de armazenagem. Sua principal característica é fazer o carregamento e descarregamento de contêiner dos caminhões ou *terminal tractors* sem necessidade de grandes remoções nas pilhas de contêineres.

Foto 2.3 – RTG



Fonte: o autor (2013).

TT – São tratores desenvolvidos especificamente para arrastar cargas portuárias e a sua principal característica é a robustez com agilidade.

Foto 2.4 – TT



Fonte: o autor (2013).

Reach Stacker – São empilhadeiras de grande porte desenvolvidas para manusear contêiner, sua principal característica é a versatilidade para trabalhar em espaços reduzidos.

Foto 2.5 – *Reach Stacker*



Fonte: o autor (2013).

ECH – São empilhadeiras de grande porte desenvolvidas para movimentar contêiner vazio, sua principal característica é movimentar contêiner com baixo custo.

Foto 2.6 – *ECH*



Fonte: o autor (2013).

Semi-Reboque: São equipamentos desenvolvidos especificamente para transportar contêineres, sua principal característica é transportar contêiner sem travar na estrutura sem risco de tombamento.

Foto 2.7 – Semi-Reboque



Fonte: o autor (2013).

Spreader – São equipamentos desenvolvidos para capturar o contêiner de forma automática quando posicionado, sua principal característica é a alta confiabilidade que um contêiner não irá cair quando suspenso.

Foto 2.8 – *Spreader*

Fonte: o autor (2013).

A Portonave possui a Iceport (foto 2.9), que atua como um centro logístico especializado em cargas frigorificadas. Oferece soluções que integram gestão e logística nas operações de armazenagem, transporte rodoviário e *Depot* de Contêineres *Reefer*, provendo toda estrutura para a operação de exportação e importação das cargas frigorificadas de seus clientes.

Foto 2.9 – Iceport.



Fonte: Portonave (2019).

A Iceport ocupa uma área de 50 mil m² e tem capacidade estática de armazenagem de 16 mil posições pallets e uma antecâmara com 13 docas para recebimento e expedição de mercadorias. A câmara é totalmente automatizada e possui 06 transelevadores, oferecendo maior capacidade operacional com melhor acuracidade na gestão do estoque. Além da câmara, também oferece os serviços de armazenagem para contêineres em *Depot* e transporte, totalmente gerenciado por uma equipe de colaboradores capacitados e motivados.

2.4.1 RTG - PÓRTICO SOBRE PNEUS.

O pórtico sobre pneus é um equipamento que foi desenvolvido para realizar a movimentação de contêineres cheios em pátios de contêineres de terminais retro portuários e portuários. Hoje, esses equipamentos têm seus limites de capacidade de carga e empilhamento demandadas por quem utiliza, porque dependem das especificações do local de utilização. Mas, considerando a forma construtiva, ele sempre segue um padrão de guindaste, tipo pórtico, mas com rodas de translação com pneus de borracha infláveis. Os pórticos sobre pneus mais modernos utilizam 16 rodas.

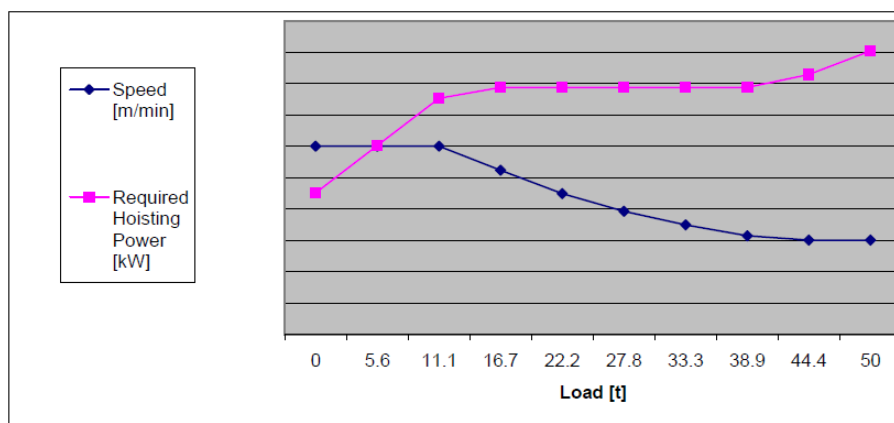
Se considerarmos que um pórtico sobre pneu é um sistema, ele terá 6 subsistemas que trabalham juntos ou individualmente para garantir sua

operacionalidade. Esses subsistemas são classificados de acordo com a norma *FEM 1.001, 3rd edition 1998*.

- ESTRUTURA;
- MECANISMO ELEVAÇÃO;
- MECANISMO CARRO;
- MECANISMO TRANSLAÇÃO;
- ESTABILIDADE;
- ALIMENTAÇÃO,

O subsistema ALIMENTAÇÃO é dotado de gerador sem classificação pela norma FEM e segue a norma DIN VDE, as máquinas primárias e secundárias foram definidas para atender um fator de serviço de 76%, considerando a demanda de potência do equipamento calculada conforme o gráfico de carga do equipamento (figura 2.5).

Figura 2.5 – Gráfico de Carga do Pórtico Sobre Pneus



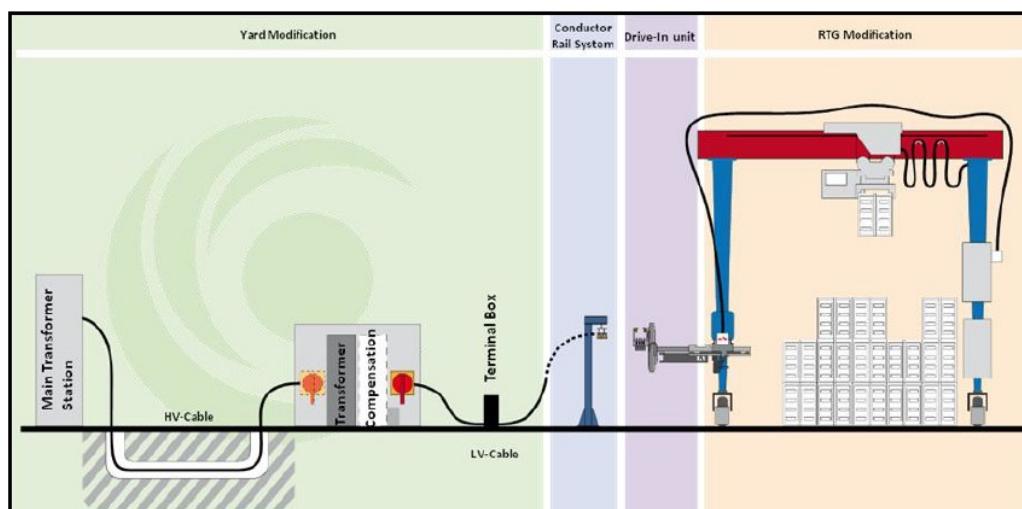
Fonte: Noell (2007).

O gerador do pórtico sobre pneus, historicamente é o dispositivo que mais provoca paradas nesse tipo de equipamento e na Portonave os geradores de todos os pórticos sobre pneus geravam mais de 55% das falhas desse grupo equipamentos, além disso era o equipamento que mais consumia combustível e o que mais lançava na atmosfera gases do efeito estufa. Quando os geradores ultrapassaram mais de 25.000 horas, era necessário investir em novas máquinas, porém o investimento era muito alto e ainda continuaríamos com os mesmos gargalos. Por isso foi estudado e

projetado um sistema de eletrificação que substituiria o gerador com muitas vantagens.

O sistema de eletrificação (figura 2.6) dividido em partes mecânicas, elétricas, eletrônicas, CLP e software específico formando dispositivo de altíssima tecnologia.

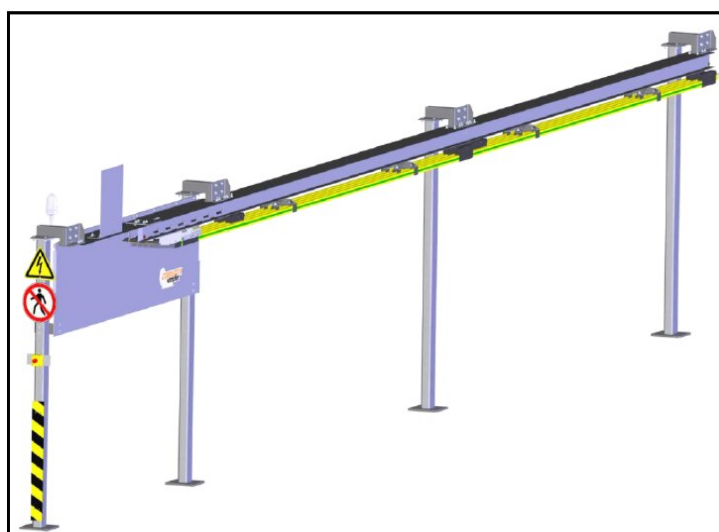
Figura 2.6 – Esquemático de um Sistema de Eletrificação



Fonte: Conductix Wampfler (2015).

A parte estática (fixa) tem a função de distribuição de energia através de barramentos colocados ao longo das pilhas de contêiner (figura 2.7).

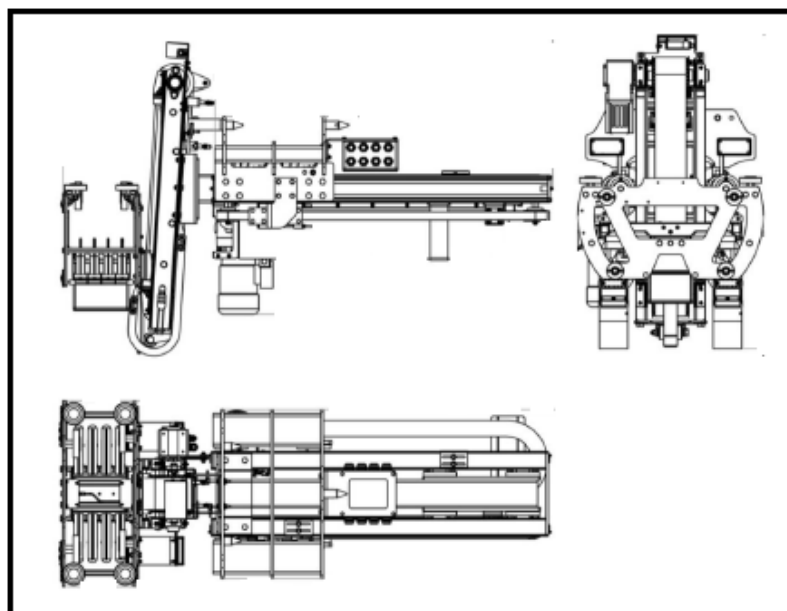
Figura 2.7 – Barramento



Fonte: Conductix Wampfler (2015).

A parte dinâmica (móvel) é chamado de sapata pantográfica automatizada (figura 2.8) e é instalada no pórtico sobre pneus.

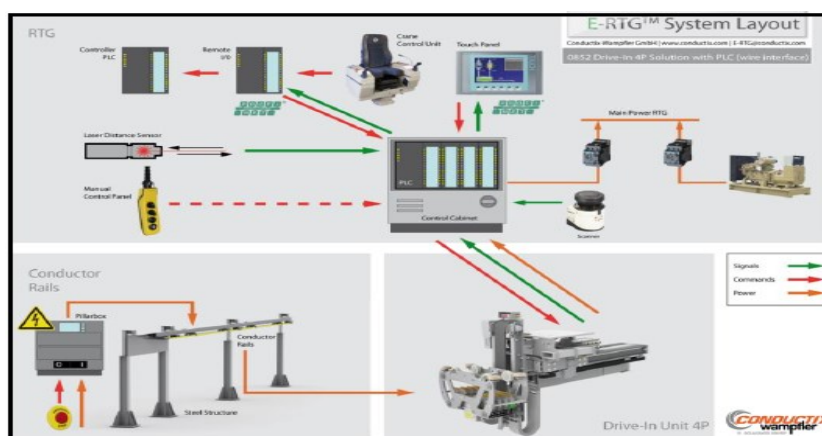
Figura 2.8 – Sapata Pantográfica Automatizada.



Fonte: *Conductix Wampfler* (2015).

A automação do sistema (figura 2.9) é realizada por um CLP dedicado que e integra todo o sistema do dispositivos com o pórtico sobre pneus.

Figura 2.9 – Automação do Sistema de Eletrificação

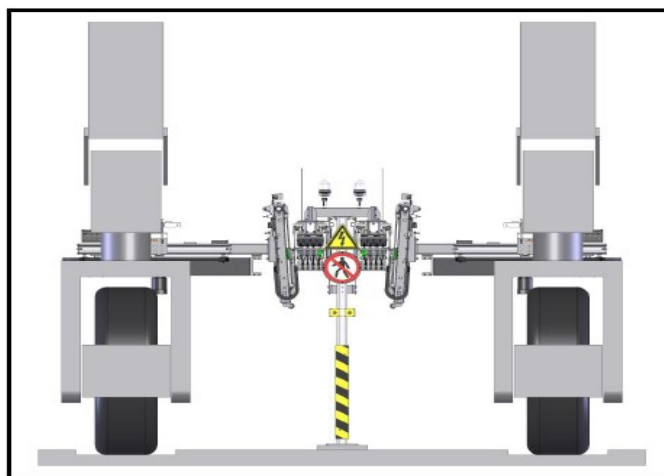


Fonte: *Conductix Wampfler* (2015).

A instalação da sapata pantográfica automatizada no pórtico sobre pneus Portonave foi realizada no mesmo lado do gerador e por isso 2 equipamentos podem

operar ao mesmo tempo alinhados (figura 2.10) nos barramentos de distribuição. Apesar do braço telescópico compensar os desnivelamentos, desalinhamentos da instalação ou movimentação do solo, os movimentos nos 3 eixos (X, Y e Z) tem limites que precisam ser controlados para evitar desgastes excessivos.

Figura 2.10 – Forma de Instalação do Sistema



Fonte: *Conductix Wampfler* (2015).

Após 3 anos de instalação do sistema de eletrificação nos pórticos sobre pneus da Portonave podemos verificar que houve uma queda significativa no indicador.

Gráfico 2.1– Histórico do MTBF dos Pórticos Sobre Pneus



Fonte: o autor (2018).

Houve uma piora na performance dos equipamentos se comparado a época que operava com energia provenientes do gerador. Os indicadores MTBF (gráfico 2.1)

teve seus intervalos diminuídos e quantitativamente as falhas novas são provenientes da sapata pantográfica automatizada.

2.5 SÍNTESE E CONCLUSÃO.

Nesse capítulo foi abordado de forma sucinta abrangência do trabalho considerando uma evolução do mercado portuário brasileiro que historicamente não tinham processos consolidados de manutenção, mas que houve uma transformação com o intuito de equiparação com mercado mundial. Por outro lado, tentamos demonstrar através da Portonave que existe uma tendência do setor de modernizar, melhorar desempenho e criar uma cultura de gestão de ativos. Sendo comprovado através da demonstração de excelentes resultados perante o mercado nacional e internacional. Contudo, também foram demonstrados a nova ordem de gestão de manutenção considerando indicadores de resultados. Ao fim, foi caracterizado um dos gargalos que influenciam diretamente nos resultados dos processos internos da empresa e que estão no radar da equipe de manutenção para devida ação corretiva.

Diante disso, iremos demonstrar a forma de ter resultados sustentáveis é através de uma nova filosofia de manutenção através da aplicação do MCC no processo de manutenção da sapata pantográfica automatizada.

3 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE – MCC.

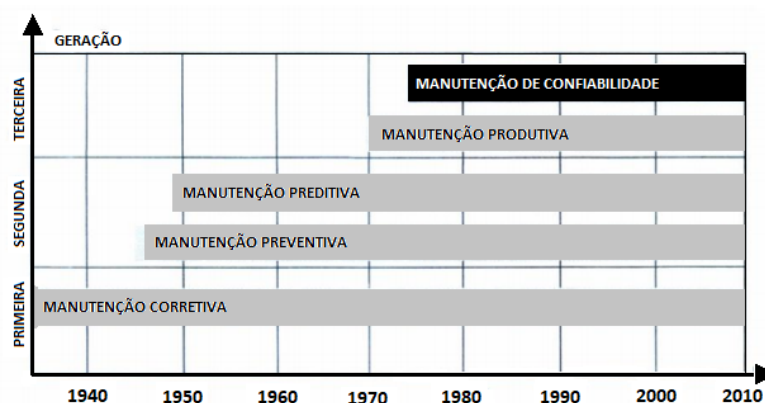
3.1 INTRODUÇÃO.

Segundo o autor (2019), após 2ª Guerra Mundial houve um desenvolvimento nos processos tecnológicos e sociais ao redor do mundo. No ramo da pesquisa de tecnologia a indústria americana bélica teve um papel de vanguarda, acompanhado pela automação industrial em escala global e efetivamente crescente pela evolução da informática e telecomunicação presentes até os dias atuais. Toda essa tecnologia também trouxe resultados que afetaram o meio social, criou-se a dependência do mundo para com as ferramentas que facilitavam a correlação das pessoas com meio ambiente. Afetando principalmente a segurança. Ao mesmo tempo criou-se a consciência de manter a vida humana e meio ambiente a frente das necessidades que o mercado empunha para a sociedade. Nesse contexto nasceu a “Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC”.

3.2 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO.

Segundo Siqueira (2005), a história da manutenção é dividida em 3 gerações distintas (figura 3.1) após 2ª Guerra Mundial.

Figura 3.1 – Evolução da Manutenção



Fonte: SIQUEIRA (2005).

Siqueira (2005); Rigoni (2009), a primeira geração refere-se entre os anos de 1940 a 1950. Nesse período os equipamentos eram simples e superdimensionados

e pouco exigidos. Dessa forma, a restauração da função só era necessária quando falhava. O planejamento de manutenção quase não existia, as tarefas preventivas eram resumidas em lubrificação e limpeza e as corretivas só emergências. A segunda geração refere-se entre os anos de 1950 a 1975. Nesse período as linhas de produção contínuas eram a realidade da produção industrial e a dependência da sociedade por produtos manufaturados era uma realidade. Por outro lado, a tecnologia de automação demonstrou a fragilidade da mão de obra que ficara escassa, conseqüentemente aumentou os custos de reparação das falhas. O foco da indústria com os equipamentos era a maior disponibilidade e vida útil com baixo custo. Diante dessa realidade houve um crescente movimento de pesquisas científicas para a criação de técnicas de manutenção preventiva, visando reduzir os impactos das falhas nos meios de produção. Em paralelo surgem as técnicas de manutenção preditiva e revisão periódica utilizada no setor aeronáutico. Essas novas técnicas complementam as técnicas da 1ª geração. No final do período as técnicas foram assimiladas pela “Manutenção Produtiva Total” seguindo a onda dos japoneses com as técnicas da qualidade total. A 3ª geração inicia em 1975, proveniente das exigências cada vez maiores das linhas de produção oriundas da evolução da automação e do crescimento populacional, onde as técnicas de manutenções existentes não supriam as necessidades da confiabilidade e disponibilidades dos processos produtivos.

O autor (2019), a sociedade por sua vez aumentava ainda mais os consumos de produtos essenciais e não essenciais e os processos produtivos de equipamentos cresciam em livre concorrência, exigindo muito mais das reduções de custos para ganhar mercado, desta forma a mão-de-obra ficou mais especializada e cara. As indústrias tiveram que adaptar os projetos de equipamentos para atender as expectativas dos processos que variavam com a demanda e por isso os equipamentos tiveram os dimensionamentos de vida útil limitados. Essas características dos novos equipamentos aumentaram a relevância da manutenção. Ainda naquele momento um novo sistema de produção chamado *just-in-time* potencializou ainda mais as consequências das paradas de linhas de produção seriadas. A partir daí, era essencial que as linhas de produção tivessem alta disponibilidade e alta confiabilidade e os produtos oriundos delas fossem duráveis e com preços atraentes. A sociedade nesse momento já era dependente da automação das necessidades diárias e caso esses faltassem o caos seria eminente, os trabalhadores já eram tratados descentemente e

a segurança do trabalho e cuidado com meio ambiente viraram “Marketing” na indústria com produtos de alta qualidade.

Todo esse cenário motivou a criação da “Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC”.

3.3 CONCEITO DO MCC.

Segundo Moubray (2001), MCC é um processo usado para determinar sistematicamente e cientificamente o que deve ser feito para que os ativos físicos continuem a fazer o que os seus usuários querem que ele faça.

De acordo com a Nasa (2000), a MCC é um processo alternativo de manutenção que é utilizado para definir a abordagem mais efetiva para a manutenção visando aumentar a operacionalidade dos equipamentos, melhorar a segurança e reduzir os custos de manutenção. Têm como base identificar as ações a serem tomadas para reduzir a probabilidade de falha dos equipamentos e identificar os custos mais efetivos.

De acordo com Siqueira (2005), uma das características do MCC é fornecer um método estruturado para selecionar as atividades da manutenção, para qualquer processo produtivo. O método é formado por um conjunto de passos bem definidos, os quais precisam ser seguidos em forma sequencial para responder às questões formuladas pela MCC e garantir os resultados desejados.

Portanto podemos considerar como definição, metodologia para analisar as funções do sistema, o modo como estas funções podem falhar e, a partir daí, aplicar um critério de priorização explícito baseado em fatores de segurança, ambientais, operacionais e econômicos, para identificar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas (MOUBRAY, 2001; SIQUEIRA, 2005; SMITH, 1993; SMITH e HINCHELIFFE, 1993).

3.3.1 Cronologia da MCC.

Segundo de Rigoni (2009), a certificação do Boeing 747-100 para operação comercial na década de 70, foi um marco da aviação comercial americana. A tecnologia nele embarcada não fora vista até aquele momento, o nível de automação

era tão grande que se utilizadas as técnicas normais de manutenção exigiria que quando após o avião taxiasse na pista seria necessário voltar para uma nova inspeção. Isso tecnicamente era inviável, por que impossibilitaria a certificação da aeronave pela FAA (*Federal Aviation Authority*). Por esse motivo foi criada em 1968 uma força tarefa na *United Airlines* conhecida com *MSG-1 (Maintenance Steering Group)* liderada por então vice-presidente para planejamento de manutenção, Thomas D Matteson, composta pelos engenheiros Bill Mentzer, F Stanley Nowlan e Haword F. Heap. A função desse grupo era verificar a aplicabilidade dos métodos de manutenção existentes para esse modelo de aeronave. Desse trabalho gerou em 1978, o 1º livro sobre *Reliability-Centered Maintenance (RCM)*, destacando 2 conceitos.

- Revisões programadas têm pouco efeito na confiabilidade total de um equipamento complexo, a menos que exista um modo de falha dominante.
- Existem muitos equipamentos para os quais não há forma efetiva de manutenção programada.

Segundo de Rigoni (2009), em 1980, oriundos do *MSG-1* foram criados mais 2 grupos o *MSG-2* e *MSG-3*, os quais eram subordinados ao subcomitê de confiabilidade e manutenibilidade da *ATA – (Air Transport Association of América)*, vinculados a departamento de defesa americano visando a certificação de novas aeronaves que posteriormente virou a metodologia para novas aeronaves. A partir de 2002 a metodologia já erra norma e fazia parte dos novos projetos de aeronaves comerciais nos *USA*. Com os grandes resultados atingidos pelo MCC as outras forças marinha americana, exército americano e força aérea americana e outras áreas civis e militares adotaram como metodologia obrigatória.

3.3.2 Normalização da MCC.

Segundo de Rigoni (2009), conforme os ótimos resultados do MCC houve uma divulgação inerente, a qual motivou a criação de novas versões. O *RCM2* de Moubrey (2001), deslumbrou mudanças na lógica MCC, O *EPRI (Electric Power Research Institute)* propôs uma versão simplificada do MCC, denominada *SEM (Streamlined RCM)* e recentemente Smith e Hinchcliffe (2004) propuseram novas

versões no método clássico (*Abbreviated Classical RCM*) e na experiência (*ECM – Experience Centered Maintenance*). Em setembro de 1980, publicado o relatório *ATA MSG-3 Operator /Manufacturer: Scheduled Maintenance Development* Revisada em 2002 e 2011 pela *FAA (Federal Aviation Administration)*. Em março de 1999, foi publicada a norma *IEC 60.300-3-11 Dependability Management – Part 3-11: Application Guide – Reliability Centred Maintenance*, revisada em 2009. Em agosto de 1999, foi publicada a norma internacional *SAE JA 1011 Evaluation Criteria for RCM Processes* - Critérios mínimos para homologação de programas de RCM, revisada em 2009. Em janeiro de 2002, foi publicada a norma internacional *SAE JA 1012 A Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) Standard* - Detalhamento dos critérios e interpretação de cada item da norma SAE JA 1011, revisada em 2011.

3.3.3 Aplicações da MCC.

Segundo Rigoni (2009), a MCC no primeiro momento foi aplicado pelas empresas aviação comercial americanas e na sequência pelas forças armadas americana em vários tipos de equipamentos. Em 1981, Antony M. Smith da *G.E. (General Electric)* e Tom Matteson da *United Airlines* iniciaram através da *EPRI* o estudo de aplicação do MCC em usinas elétricas nucleares. Em 1985, a empresa *Florida Power & Light* testou o MCC em um projeto piloto na Usina *Turkey Point* e em 1986 outro projeto piloto na usina nuclear *McGuire da Duke Power*, essas experiências consolidaram a metodologia para utilização em usinas elétricas nucleares e outras. Essa experiência para A.M. Smith propiciou em 1993 a publicação do seu livro de MCC considerando outro tipo de aplicação além da aeronáutica. A grandes aplicações no setor elétrico americanos motivou a adoção do MCC no setor elétrico mundial e outros setores produtivos, como a construção civil, indústria química, indústria de refino extração de petróleo, industrial de gás, siderurgia, celulose, alimentação, mineração, transporte e hospitais.

Segundo o autor (2019), no Brasil o MCC também é bem difundido na área de geração de energia em empresas como Copel e Itaipu, na mineração de minério de ferro e ouro em empresas como Vale e Anglo Gold e principalmente nas empresas aéreas brasileiras, TAM, GOL e AZUL. Além disso, existe uma empresa do ramo logístico portuário, a empresa Portonave S/A que pretende nos próximos 5 anos ter implementado totalmente o MCC por completo no seu grupo de equipamentos.

3.4 PROBLEMAS DA MANUTENÇÃO.

Basicamente manutenção é ato reparar para manter alguma coisa fazendo o que deve fazer, contudo as interferências que estão em torno da simples tarefa podem levar ao fracasso. Isso porque fazer manutenção se pressupõe que, quem faz, sabe o que está fazendo na sua plenitude com todos os recursos possíveis e aquilo que precisa ser reparado está sendo utilizado da forma correta conforme foi definido em sua concepção. Como sabemos que isso não é verdade e considerando a definição de confiabilidade e manutenibilidade pela norma ABNT NBR 5462-1994 são:

- Confiabilidade é a Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo.
- Manutenibilidade é a Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos.

Podemos afirmar considerando a visão do o Autor do trabalho que o MCC é a melhor solução para manter os ativos físicos em funcionamento porque a filosofia é agir antes que à falha funcional aconteça, o qual reduz drasticamente a possibilidade de não recuperar a função do item reparado.

3.4.1 Objetivos da Manutenção.

Considerando os objetivos da manutenção, a MCC estabelece definições. Segundo Smith (1993), a manutenção tem como objetivo “ preservar as capacidades funcionais de equipamentos e sistema em operação”.

Por isso os objetivos segundo a MCC, é proposta na norma IEC 60300-3-11 e o relatório ATA MSG-3.

- Preservar as funções dos equipamentos, com a segurança requerida;
- Restaurar sua confiabilidade e segurança projetada, após a deterioração;
- Otimizar a disponibilidade;

- Minimizar o custo do ciclo de vida;
- Atuar conforme os modos de falha;
- Realizar apenas as atividades que precisam ser feitas;
- Agir em função dos efeitos e consequências da falha;
- Documentar as razões para escolha das atividades

Segundo o autor (2019), os objetivos devem ser almeçados através de programa de manutenção consolidado onde as informações devem ser confiáveis e padronizadas. Visando manter os ativos físicos tão bom quanto novos, garantindo sua funcionalidade, segurança e produtividade considerando a necessidade do usuário.

3.5 CONSEQUÊNCIAS DAS FALHAS & QUESTÕES BÁSICAS

Segundo Siqueira (2005), o MCC as consequências significantes são aquelas que afetam um dos seguintes aspectos do ambiente operacional.

- Segurança de pessoal;
- Qualidade do meio ambiente;
- Operação do processo;
- Economia do Processo.

Considerando as questões básicas que são sete perguntas que devem ser aplicadas sequencialmente para objeto a ser estudado. Visando obter respostas corretas e precisas. Adotaremos da seguinte forma as perguntas

- Perguntas de 1 a 5 e 8 elaboradas por Siqueira (2005) porque são mais objetivas e de fácil entendimento.
- Perguntas de 6 e 7 elaboradas por Moubray (2001) porque detalha melhor o que deve ser respondido.

1. Quais as funções a preservar?
2. Quais as falhas funcionais?

3. Quais os modos de falha?
4. Quais os efeitos das falhas?
5. Quais as consequências das falhas?
6. O que deve ser feito para prever e prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito se não for encontrada uma tarefa pró-ativa apropriada?
8. Quais as frequências ideais das tarefas?

Segundo o autor (2019), para responder as questões devem ser usadas as ferramentas disponíveis e métodos utilizados no MCC, para facilitar a montagem da documentação e para que o processo seja susceptível a auditorias.

3.6 SEQUENCIA DE IMPLEMENTAÇÃO.

Resumo de Siqueira (2005), o MCC adota uma sequência estruturada, composta de 7 etapas assim denominadas.

1. Seleção do Sistema e Coleta de Informações:
 - a. Essa etapa objetiva identificar e documentar o sistema ou processo que será analisado.
2. Análise de modos de falha e efeito.
 - a. Essa etapa identifica e documenta todas as funções e seus modos de falhas e efeitos resultantes da falha. Para isso é utilizado o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*).
3. Seleção de funções significantes.
 - a. Essa etapa utiliza um aspecto estruturado para analisar cada função identificada na etapa anterior e determina se uma falha tem efeito significativo.
4. Seleção das atividades aplicáveis
 - a. Essa etapa determina se as tarefas de manutenção preventivas são tecnicamente aplicáveis para prevenir ou corrigir o modo de falha ou amenizar suas consequências.
5. Avaliação da Eficácia das Atividades.

- a. Essa etapa é um processo estruturado que determina se a tarefa de manutenção preventiva é efetiva para reduzir, a um nível aceitável, as consequências previstas para uma falha.
6. Seleção das Tarefas Aplicáveis e Efetivas.
 - a. Essa etapa utiliza-se de um processo estruturado para determinar a melhor tarefa.
 7. Definição de Periodicidade das Atividades.
 - a. Essa etapa estabelece os métodos e critérios para definição da periodicidade ou frequência de execução das atividades selecionadas, assim o planejamento e estruturação do processo de implantação da metodologia na empresa.

Segundo Siqueira (2005), em cada etapa são utilizadas ferramentas de modelagem ou análise de sistemas destinadas a responder e, principalmente, documentar os critérios e respostas a cada questão da MCC.

3.7 ANÁLISE.

Segundo o autor (2019), dentro da MCC, a análise dos modos de falhas e seus efeitos são baseados nos estudos e documentações das funções desempenhadas pelos sistemas, subsistemas e componentes dos ativos. Uma alta profundidade da análise deve garantir boas definições de ações.

3.7.1 Funções.

Função é aquilo que se deseja que um item/ativo/sistema dentro de um padrão de desempenho especificado (MOUBRAY, 2001; SIQUEIRA, 2005; SMITH, 1993; SMITH e HINCHELIFFE, 1993) e segundo Siqueira (2005), funções são desempenhadas por sistemas, os quais devem ser selecionados e identificados antes de caracterização das funções.

Por isso é muito importante conhecer os sistemas de aplicação do MCC, porque assim é fácil responder a 1ª pergunta de implementação segundo Moubray (2001) “Quais são as funções e padrões de desempenho de um ativo no seu contexto presente de operação”

Desta forma, é impossível implantar o MCC sem conhecer seus ativos profundamente.

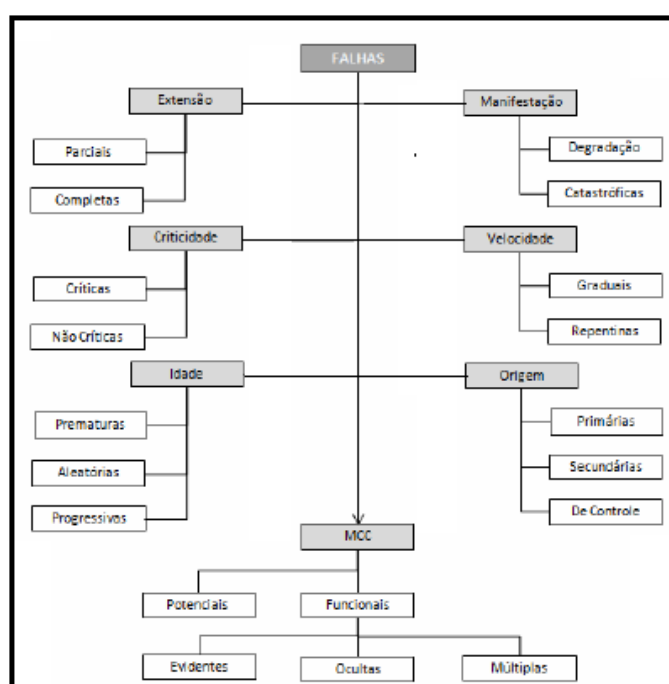
3.7.2 Falhas

Segundo Siqueira (2005), uma falha consiste na interrupção ou alteração da capacidade de um item desempenhar uma função requerida ou esperada.

De acordo com norma ABNT NBR 5462-1994, falha é o término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.

Considerando o MCC, é imprescindível conhecer a forma que os sistemas falham, porque o estudo e análise das falhas é uma parte essencial para o sucesso da metodologia.

Figura 3.2 – Classificação de Falhas



Fonte: SIQUEIRA (2005).

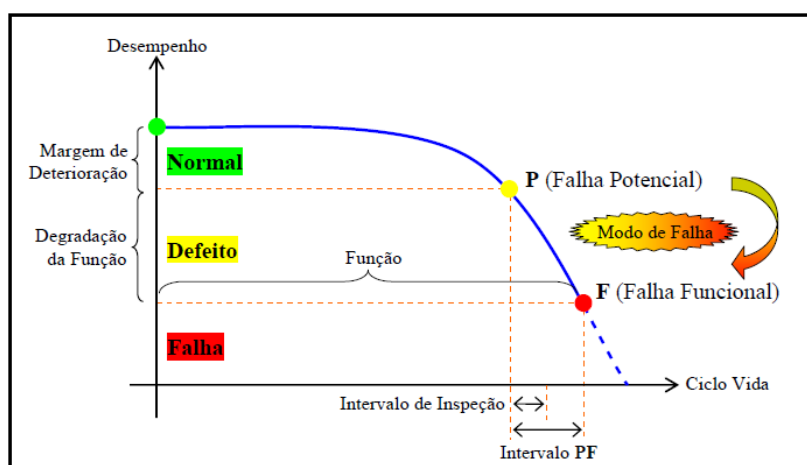
As falhas podem ser classificadas de sob várias vertentes (figura 3.2), as quais irão nortear a identificação das formas como os sistemas falham.

3.7.3 Modo de Falha.

Segunda a norma SAE JÁ 1011, modo de falha é um evento ou condição física, que causa uma falha funcional. Nesse contexto podemos afirmar que o modo de falha provoca a transição do estado normal para estado anormal de evento e essa é a sua maior característica que facilita identificá-lo.

É importante saber diferenciar o modo de falha da causa da falha. Esta distinção é essencial para de entender as finalidades da manutenção e do projeto.

Figura 3.3 – Estágios Evolutivos da Falha



Fonte: RIGONI (2009).

Segundo o autor (2019), também é importante saber que as falhas são classificadas de acordo com a intensidade do efeito e espaço de tempo que ocorre em cima do sistema, sendo categorizadas com falha potencial e falha funcional (figura 3.3).

3.7.4 Efeito da Falha.

Segundo Siqueira (2005), efeito é o que acontece quando um modo de falha se apresenta. De acordo com Moubray (2001), os efeitos das falhas descrevem o que acontece nos modos de falhas. Considerando as consequências dos efeitos das falhas é importante uma descrição típica completa por avaliação dos seguintes aspectos conforme Siqueira (2005).

- Evidência da falha;
- Impacto na Segurança;
- Impacto Ambiental;
- Reflexo Operacional;
- Resultados Econômicos;
- Forma de Reparo;
- Características Compensatórias.

Segundo o autor (2019), outro ponto não menos importante é a classificação de efeitos de falhas que permitem uma análise quantitativa por níveis de importância. O critério geralmente adotado é a severidade que por definição é uma medida usada para categorizar os efeitos potenciais de cada modo de falha. O efeito do modo de falha também pode ser medido através de uma avaliação de risco através da fórmula clássica (equação 1), porém ainda pode ser ponderada por um fator importante que a capacidade de detecção da falha (equação 2).

$$\text{Risco} = \text{Severidade} \times \text{Frequência} \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Risco} = \text{Severidade} \times \text{Frequência} \times \text{Detectabilidade} \quad \text{Equação 2}$$

Considerando a dificuldade de detecção dos eventos de risco normalmente utilizamos a escala de 5 níveis conforme (tabela 3.1).

Tabela 3.1– Níveis de Detectabilidade de Risco

Nível	Detectabilidade	Descrição
1	Fácil	Falha detectável por procedimento operacional.
2	Razoável	Falha detectável por inspeção operacional.
3	Difícil	Falha detectável por ensaio funcional.
4	Muito difícil	Falha detectável apenas por desligamento.
5	Impossível	Falha totalmente oculta.

Fonte: SIQUEIRA (2005).

Segundo Siqueira (2005), além da detectabilidade de cada falha, a análise de risco considera também a os níveis de frequência (Tabela 3.2) de sua de sua ocorrência de modo de falha.

Tabela 3.2 – Níveis de Frequência de Modo de Falha

Frequência	Descrição	Exemplo
Frequente	Esperando ocorrer frequentemente Falha ocorrerá continuamente	$\geq 10^{-1}/\text{ano}$
Provável	Ocorrerá várias vezes Falha ocorrerá com frequência	$< 10^{-1}/\text{ano}$ $\geq 10^{-2}/\text{ano}$
Ocasional	Possível ocorrer várias vezes Falha esperada ocorrer ocasionalmente	$< 10^{-2}/\text{ano}$ $\geq 10^{-3}/\text{ano}$
Remoto	Esperada ocorrer algumas vezes Falha razoavelmente esperada	$< 10^{-3}/\text{ano}$ $\geq 10^{-4}/\text{ano}$
Improável	Possível de ocorrer, mas improvável Falha ocorrerá excepcionalmente	$< 10^{-4}/\text{ano}$ $\geq 10^{-5}/\text{ano}$
Inacreditável	Essencialmente inesperada ocorrer Falha praticamente não ocorrerá	$< 10^{-5}/\text{ano}$

Fonte: SIQUEIRA (2005).

Segundo Siqueira (2005), os níveis de severidade (Tabela 3.3) para o MCC necessita de 5 ou 4 categorias de severidade, sendo suficientes para qualificar o efeito da falha.

Tabela 3.3 – Níveis de Severidade de Risco.

Categoria	Severidade	Valor	Dano		
			Ambiental	Pessoal	Econômico
I	Catastrófico	5	Grande	Mortal	Total
II	Crítico	4	Significante	Grave	Parcial
III	Marginal	3	Leve	Leve	Leve
IV	Mínimo	2	Aceitável	Insignificante	Aceitável
V	Insignificante	1	Inexistente	Inexistente	Inexistente

Fonte: SIQUEIRA (2005).

Segundo Siqueira (2005), o nível de aceitabilidade (Tabela 3.4) ao risco deverá ser definida pelo gestor da instalação, baseadas na atitude e ação consciente da organização perante sua ocorrência ou possibilidade.

Tabela 3.4 – Níveis de Aceitabilidade de Risco

Aceitabilidade	Descrição	Ação
Intolerável	Inaceitável	Deve ser eliminado
Indesejável	Impraticável	Exige aprovação
Tolerável	Permite controle adicional	Exige Aprovação
Desprezível	Permite controle adicional	Não Exige Aprovação

Fonte: SIQUEIRA (2005).

Resumido de Siqueira (2005), combinando os níveis de frequência dos modos de falha, com os níveis de severidade e aceitabilidade, é possível construir uma matriz de risco (Tabela 3.5), sendo a aceitabilidade do risco a classificação entre as ações, nas quais foi definida, *a priori*, a atitude da organização. Também é possível quantificar risco usando a equação 01, considerando que seja adotado escalas numéricas para severidade e frequência. O maior valor numérico obtido para o risco pode ser concatenado as escalas frequente x catastrófica.

Tabela 3.5 – Matriz de Risco

Severidade→ Frequência↓	Insignificante	Mínima	Marginal	Crítica	Catastrófica
Frequente	Indesejável	Indesejável	Intolerável	Intolerável	Intolerável
Provável	Tolerável	Indesejável	Indesejável	Intolerável	Intolerável
Ocasional	Tolerável	Tolerável	Indesejável	Indesejável	Intolerável
Remoto	Desprezível	Desprezível	Tolerável	Indesejável	Indesejável
Improvável	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Tolerável	Tolerável
Inacreditável	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Desprezível	Desprezível

Fonte: SIQUEIRA (2005).

Resumindo de Siqueira (2005), na classificação da matriz de risco deve-se considerar existentes aspectos subjetivos de tolerância em função das influências de ambiente e pessoas e por isso é necessária implementar e documentar no plano de implementação do MCC, as preferências e políticas da organização, para direcionar as ações decisórias sobre as atividades adotadas. Na metodologia do MCC, somente os modos de falhas com efeitos indesejáveis e intoleráveis, na escala de aceitabilidade serão considerados na etapa seguinte do processo.

3.7.5 Documentação de Falhas.

Segundo Rigoni (2019), para implementação do MCC por completo, um dos pontos mais importante é que ele seja auditável e para isso é necessário a documentação sistemática das falhas através do FMEA ou FMECA.

3.7.5.1 FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYTICS.

Segundo Siqueira (2005), um estudo de FMEA envolve a identificação sistemática dos seguintes aspectos, para cada função de uma instalação.

- Função – objetivo, com o nível desejado de performance;
- Falha Funcional – perda da função ou desvio funcional;
- Modo de Falha – o que pode falhar;
- Causa da Falha – porque ocorreu a falha;
- Efeito da Falha – impacto resultante na função principal;
- Criticidade – Severidade do Efeito.

3.7.5.2 FMECA – FAILURE MODE, EFFECTS AND CRITICALITY ANALYSIS.

Segundo Siqueira (2005), A FMECA é utilizada quando as quantidades de falhas potenciais são muito grandes e possibilita a identificação dos modos de falha, que são críticos o suficiente justificando ações adicionais.

- Auditado por – Pessoa(s) ou empresa que certifica que o processo de realização da FMECA está seguindo as normas especificadas;
- Página / DE – Número de identificação sequencial da FMECA;
- Sistema – Um conjunto de componentes interligados e interdependentes que juntos visam realizar uma função específica;
- Id_Sistema – Número de identificação do sistema avaliado;
- Subsistema – São os componentes do sistema;
- Id_Subistema – Número de identificação do subsistema avaliado;
- Id_Função – Número de identificação da função;
- Função – Aquilo que se deseja que o item faça dentro de um padrão de desempenho específico;
- Id_Falha Funcional – Número de identificação da falha funcional;
- Falha Funcional – É a condição de incapacidade de item de executar uma função específica considerando um padrão desejado;
- Id_Modo de Falha – Número de identificação do modo de falha;
- Modo de Falha – Maneira que um item estudado deixa de executar a sua função;
- Efeito – Indica o que acontece quando a falha ocorre;
 - Local – Efeito direto da falha;
 - Sistema – Resultado direto da falha;
 - Planta – Consequência direta da falha;
- Severidade (S) – Nível de gravidade do efeito do modo de falha;
- Causas do Modo da Falha – Descrição do porquê o modo de falha ocorreu;
- Ocorrência (O) – Frequência das ocorrências das causas de falhas em períodos determinados;
- Controles Atuais – Tarefas pré-existentes de manutenção do sistema;
- Detecção (D) – Probabilidade de detectar as causas do modo de falha a tempo de prevenir a falha funcional;
- NPR (S x O x D) – Valor calculado para indicar o nível dos modos de falhas, assim quanto maior o resultado mais crítico é o problema, o qual pode ser usado para definir a priorização de ações;

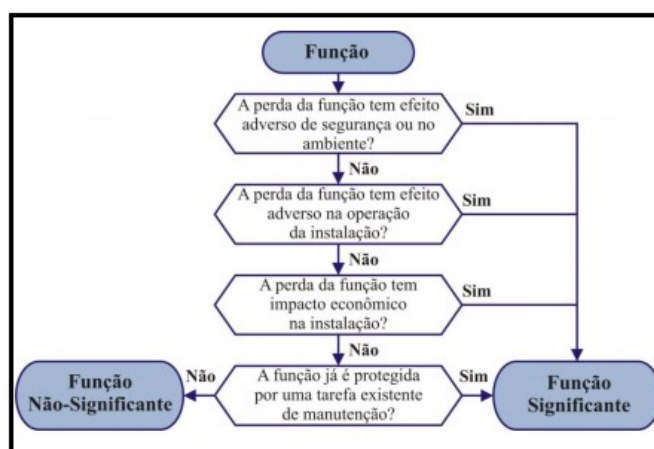
3.8 DECISÃO.

3.8.1 Funções Significantes.

Resumido de Siqueira (2005), o conceito funções significantes é utilizado na MCC para selecionar as funções (figura 3.5) cujas falhas serão submetidas as etapas subsequentes do processo decisório da MCC, para escolha da atividade de manutenção. Sendo ainda uma função signficante se uma falha funcional vier a provocar efeito adverso no sistema principal, com consequência sobre.

- Segurança;
- Meio Ambiente;
- Operação;
- Economia.

Figura 3.5 – Diagrama Lógico de Decisão.



Fonte: SIQUEIRA (2005).

Ainda segundo Siqueira (2005), uma vez escolhidas as funções significantes, a MCC utiliza uma lógica estruturada para determinar a ação recomendada para eliminar ou diminuir as consequências de cada modo de falhas destas funções e classifica em uma das seguintes categorias.

- ESA – Segurança/ Ambiental Evidente;
- OSA – Segurança/ Ambiental Oculta;

O formulário de árvore de decisão é composta pela parte superior de campos de identificação e codificação do sistema e dos responsáveis pelas análises. Os campos da parte de baixo do documento são destinados classificar os impactos nos aspectos do MCC, segurança, meio ambiente, operação e economia.

3.9 APLICABILIDADE DA MANUTENÇÃO.

Segundo Siqueira (2005), quando selecionamos as atividades aplicáveis na prevenção ou correção das falhas, entre os critérios de aplicabilidade constam não só a viabilidade técnica, mas também a praticidade das atividades propostas. Cujas a ideia é introduzir processos lógicos usados para determinar as ações que podem ser tomadas para prevenir ou corrigir cada modo de falha das funções significantes.

3.9.1 Critérios de Aplicabilidade.

Resumido de Siqueira (2005), uma atividade de manutenção, para ser aplicável deve garantir um dos seguintes objetivos.

- Prevenir modos de falha;
- Reduzir a taxa de deterioração;
- Detectar a evolução da falha;
- Descobrir falhas ocultas;
- Suprir necessidades e consumíveis do processo;
- Reparar o item após a falha.

A atividades de manutenção podem ser classificadas em atividade programas conforme descrito a seguir.

- Atividades direcionadas por tempo;
- Atividades direcionadas por condição;
- Atividades direcionadas por falha;
- Atividades direcionadas para operação.

Mas, também podemos ter atividade de manutenção classificadas como atividades não programadas conforme descrito a seguir.

- Atividade de correção de defeito;
- Atividade de correção de falha.

3.9.2 Denominações das Atividades.

Resumido de Siqueira (2005), para facilitar ele classifica e padroniza as denominações das tarefas de manutenção da MCC.

- SP – Substituição Preventiva (direcionada ao tempo);
- RP – Restauração Preventiva (direcionada por tempo);
- IP – Inspeção Preditiva (direcionada por condição);
- IF – Inspeção Funcional (direcionada por falha);
- SO – Serviço Operacional (direcionada para operação);
- MC – Manutenção Corretiva (direcionada por condição);
- RF – Reparo Funcional (direcionado por falha).

A aplicabilidade destas atividades a um dado componente será a função do seu comportamento em relação a evolução da falha (Siqueira, 2005).

3.9.3 Efetividade da Manutenção.

Segundo Siqueira (2005), entende-se efetividade de manutenção como a economicidade e viabilidade de sua aplicação considerando os recursos disponíveis e necessários, e os retornos esperados em relação a outras alternativas.

3.9.3.1 Critérios de Efetividade.

Segundo Siqueira (2005), para que uma atividade de manutenção seja efetiva contra um determinado modo de falha ele deve atender simultaneamente aos seguintes critérios de efetividade.

- Ser aplicável tecnicamente;
- Ser viável com os recursos disponíveis;
- Produzir os resultados esperados;
- Ser executável a um intervalo razoável.

3.9.4 Seleção das Atividades.

Segundo Siqueira (2005), a etapa final de seleção de atividades de manutenção, para um determinado modo de falha, obedece a um processo estruturado que leva em conta não só a adequabilidade e efetividade de cada tarefa possível, mas também um conjunto de regras lógicas de priorização das opções disponíveis.

3.9.4.1 Processo de Seleção.

Segundo Siqueira (2005), as opções de decisão envolvem as seguintes alternativas.

- Executar uma das 5 tarefas de manutenção programada já estudadas;
- Executar uma combinação de duas ou mais tarefas;
- Aguardar que o modo de falha ocorra;
- Executar uma outra ação alternativa (*default*).

3.9.4.1.1 Priorização das Atividades.

Segundo Siqueira (2005), o processo de seleção sugerido pela MCC baseia-se em uma ordem de preferência entre as atividades programadas, assim definida.

1. Serviço Operacional (SO);
2. Inspeção Preditiva (IP);
3. Restauração Preventiva (RP);
4. Substituição Preventiva (SP);
5. Inspeção Funcional (IF).

3.9.4.1.2 Processo de Decisão.

Segundo Siqueira (2005), o processo de seleção da MCC, está priorização será aplicada a cada modo de falha, após a avaliação de sua visibilidade/consequência, classificado as consequências em uma das seguintes categorias que foram escolhidas do Diagrama de decisão, já demonstrado na figura 25.

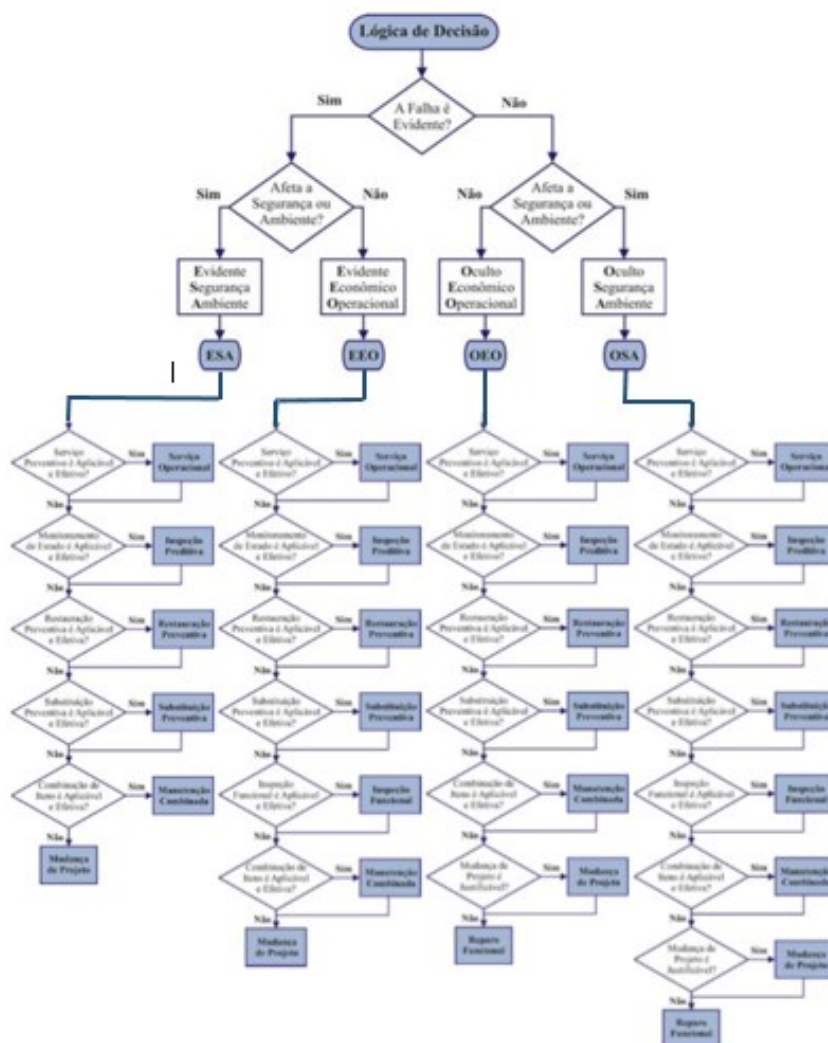
- ESA – Segurança/ Ambiental Evidente;
- OSA – Segurança/ Ambiental Oculta;
- EEO – Operacional/ Econômico Evidente;
- OEO – Operacional/ Econômico Oculta.

Dessa forma, para categorização de consequência, a lógica de escolha da atividade de manutenção será função da resposta a um conjunto de questões objetivas, padronizadas pela MCC, retiradas das seguintes relação.

1. Uma SO é aplicável e efetivo?
2. Uma IP é aplicável e efetivo?
3. Uma RP é aplicável e efetivo?
4. Uma SP é aplicável e efetivo?
5. Uma IF é aplicável e efetivo?
6. Uma Manutenção Combinada é aplicável e efetivo?
7. Uma Mudança de Projeto é aplicável e efetiva?

Segundo Siqueira (2005), considerando que cada consequência da falha em relação a aplicabilidade e efetividades das questões anteriores, as respostas devem respeitar sequencia já definida porque corresponde a prioridade estabelecida no MCC.

Figura 3.8 – Lógica de Decisão MCC



Fonte: RIGONI (2009).

Segundo o Autor (2019), a lógica de seleção combinada com a lógica de decisão da MCC (figura 3.8), fornece uma análise qualitativa adequada para as escolhas das atividades de manutenção condizentes e efetivas para cada modo de falha.

3.9.5 Implementação.

Segundo o Autor (2019), as etapas anteriores, geraram as atividades adequadas e efetivas visando reduzir as consequências das falhas funcionais. Nessa fase a intenção é a definição das frequências das atividades a serem implementadas.

3.9.5.1 Periodicidade da Manutenção.

Segundo o Autor (2019), a periodicidade da manutenção é uma parte importante da MCC, onde são definidas das frequências com que as atividades devem ser executadas para cada modo de falha de sistema. Importante utilizar métodos estatísticos para definição de periodicidade, principalmente porque as normas SAE JA1011 a IEC 60300-3-11 reconhecem e recomendam, além de documentado e aceito pelo usuário.

3.9.5.2 Processo de Implantação.

Segundo Siqueira (2005), o sucesso da implementação da MCC depende não só da experiência prática e fundamentação teórica de seus processos, mas também da adequabilidade dos meios organizacionais e de planejamento utilizados. Implantar a MCC em uma empresa representa uma decisão estratégica devendo constar dos objetivos e metas estabelecidas no plano empresarial da empresa. Além disso, é necessário estabelecer níveis de organização e responsabilidades compatíveis com a complexidade e abrangência dos resultados almejados. Criar uma estrutura organizacional com gestor do plano assessorado por um comitê gestor e conseqüentemente uma equipe de trabalho. A escolha da equipe de trabalhos deve criteriosa e principalmente considerar uma característica principal para escolhas das pessoas. As pessoas devem ser extremamente comprometidas como o projeto.

3.9.6 Síntese da Conclusão do Capítulo.

Conseguimos através de muita pesquisa de livros, normas e material de aula, abranger de forma ampla nesse capítulo a teoria da MCC. Identificamos o passo a passo da metodologia, porém citando 2 vezes lógica de decisão porque entendemos

ser a parte de implementação de extrema objetividade. Também achei a adoção de matriz de risco uma forma inteligente de sair a subjetividade de uma opinião qualitativa para uma observação quantitativa por que o efeito sugere que o operador sentiu ou percebeu fisicamente um resultado daquilo que não está certo.

Os conceitos normativos e de mercado nos possibilita ter segurança para encarar uma implantação da MCC. Considerando também que o estudo até o momento, nos clarificou alguns conceitos mais voltados para as normas SAE e IEC, possivelmente iremos adotar uma delas para realização desse trabalho.

4 APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE EM UMA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADA DE UM SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO DE PÓRTICO SOBRE PNEUS.

4.1 FUNCIONAMENTO DA SAPATA PANTOGRÁFICA AUTOMATIZADO.

O sapata pantográfica automatizada é um dispositivo que tem a função de transferência de energia elétrica entre um barramento elétrico fixo e o equipamento móvel de pátio nomeado de pórtico sobre pneus de forma segura e confiável, sendo ainda capaz de absorver automaticamente variações físicas de profundidade e altura simultaneamente durante o deslocamento de translação, além disso, possibilita a transferência do equipamento entre as quadras de contêiner conforme necessidade operacional sem intervenção humana, porque possui um sistema automático de controle que identifica os locais de entradas e saídas dos barramentos e realiza as conexões e desconexões quando é exigido.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO PRÁTICA DO MCC.

A implementação seguirá 7 etapas conforme SIQUEIRA (2005) demonstrado no capítulo (3.6) somado a 2 etapas complementares sugeridas por RIGONI (2009). Dessa forma a implementação será realizada em 9 etapas numeradas de 0 a 8 respectivamente.

4.2.1 ETAPA 0 – Adequação da MCC.

Durante essa etapa é realizado uma avaliação de aderência entre o processo de manutenção existente e o que se julga ideal para implantação do MCC.

Quadro 4.1 Avaliação de Aderência

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal).	Plano de Ação
Critério 1 (C1) Disponibilidade da Informação e/ou Recursos	Q1	Será adotado um procedimento de referência e/ou norma para implantação da MCC. A equipe de implantação conhece este procedimento/norma e todas as entradas/necessidades deste procedimento/norma estão disponíveis.	8	10	A norma foi definida, mas equipe de implantação precisa de mais tempo para entender o que está escrito.	Tradução da norma para facilitar o entendimento
	Q2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção. Exemplos: Ordens de Serviço consistentes, MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio Para Reparo), histórico de falhas, etc.	8	8		
	Q3	Os sistemas candidatos à implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada. Exemplos: Projetos, manuais, relatórios de ensaio, etc.	7	7		
	Q4	O planejamento estratégico da empresa está documentado de forma auditável. Este planejamento contempla a manutenção e particularmente a MCC como estratégia para gestão de ativos.	9	9		

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal).	Plano de Ação
Critério 2 (C2) Condição e Desempenho Atual da Manutenção	Q1	O percentual de Inspeções Preditivas ou Manutenção Baseada na Condição é significativo quando comparado à Manutenção Preventiva Sistemática (baseada no tempo) ou Corretiva. Portanto, a equipe de manutenção tem experiência em Técnicas Preditivas e Manutenção Baseada na Condição.	6	8	Existe o plano de manutenção preditiva consolidado, porém ainda é aplicado em conjunto com preventivas em paralelo	Esclarecer para toda a equipe que o plano de preditiva atende totalmente a confiabilidade exigida
	Q2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada e eficaz para o desempenho de sua função.	10	10		
	Q3	Para o sistema, no qual se pretende implantar a MCC, historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares em outras plantas ou empresas.	6	6		
	Q4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção, quando comparados a outros sistemas similares em outras plantas ou empresas.	7	7		

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal).	Plano de Ação
Critério 3 (C3) Sistema Computacional de Suporte	Q1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório (processamento de texto e planilhas eletrônicas) estará disponível, ou então, a equipe de implantação contará com um software específico para concepção do programa de MCC.	8	8		
	Q2	A empresa dispõe de um sistema de gestão da informação integrado, que atende de forma satisfatória às necessidades do setor/equipe de manutenção. Este sistema estará disponível para a equipe de implantação e também para a gestão do programa de MCC após a sua implantação.	10	10		
	Q3	A gestão da manutenção conta com um sistema computacional adequadamente dimensionado para o tamanho da empresa e do sistema que se quer implantar a MCC.	9	9		
	Q4	O sistema computacional de gestão da manutenção é de uso amigável, toda a equipe possui treinamento adequado para utilizá-lo e sua utilização faz parte da rotina de trabalho da equipe de manutenção.	8	8		
	Q5	O sistema computacional de gestão da manutenção permite integração com softwares específicos de implantação e gestão da MCC. Caso contrário, conta com no mínimo as seguintes funcionalidades: inclusão de novas tarefas com períodos customizados; controle estatístico da manutenção; e agrupamento de tarefas de manutenção de forma otimizada.	8	9	Os KPI's são feitos no Excel	Manter o Excel e futuramente implementar software com KPI's automatizados

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal).	Plano de Ação
Critério 4 (C4) Cultura da Manutenção e/ou Empresa	Q1	O setor e/ou equipe de manutenção atual registra suas ações de forma suficientemente detalhada para suportar uma análise estatística de tais ações.	8	10	Alguns integrantes da equipe detalham superficialment e os registros (OS's)	Explicar a importância detalhamentos de informações para equipe de atendimento emergencial
	Q2	A manutenção tem função estratégica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional, assumindo um papel importante na gestão dos ativos físicos da empresa.	10	10		
	Q3	A equipe e/ou setor de manutenção, em suas diferentes categorias profissionais, são motivados, cooperativos e conscientes de seu papel estratégico dentro de empresa.	10	10		
	Q4	Outras metodologias de gestão da manutenção foram previamente adotadas e/ou estudadas e, por algum critério de consenso da empresa, culminaram com a adoção da MCC. Portanto, é possível afirmar que a empresa e a equipe/setor de manutenção têm afinidade com métodos mais elaborados de gestão da manutenção.	8	8		
	Q5	O atual programa de manutenção é continuamente atualizado e auditado por pessoal interno ou externo à empresa ou setor de manutenção.	9	9		

Critérios	Quesitos a serem ponderados		Aderência (0 a 10)	Ideal	Justificativa (Aderência < Ideal)	Plano de Ação
Critério 5 (C5) Gerenciamento Estratégico da Manutenção	Q1	Existe um orçamento para viabilizar a implantação da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento de pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantação de ações preditivas; e, implementação de sistemas computacionais de suporte a MCC, caso necessário.	8	8		
	Q2	As decisões referentes às estratégias de gestão da manutenção estão em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.	8	8		
	Q3	Os níveis gerenciais vêem a manutenção como investimento e não como um custo. Portanto, é possível afirmar que a MCC foi adotada como uma das estratégias para uma gestão mais eficaz dos ativos físicos.	9	9		
	Q4	A MCC é visualizada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenção, com métodos e técnicas, podendo coexistir outras metodologias de gestão da manutenção em paralelo ou integradas à MCC.	8	8		
	Q5	Grande parte da manutenção é terceirizada, entretanto, seus controles, registros e demais itens de gestão estão a cargo da empresa ou seu representante. Portanto, neste caso, não há problemas com a Gestão do Conhecimento inerente à manutenção.	NA	NA	A empresa tem equipe própria e a diretriz estratégica e nunca terceirizar setores de conhecimento do negócio	

Fonte: Adaptado de RIGONI (2009).

Alguns quesitos não atingiram o valor desejado entendido como ideal, porém não houve uma grande diferença. Por isso, as ações foram simples e de fácil execução.

4.2.2 Etapa 1 – Preparação.

Essa etapa visa preparar, organizar e estruturar a equipe para o desenvolvimento do trabalho. Esse grupo deve ser formado por funções multidisciplinares com bastante experiência, porém uma virtude deve ser deslumbrada ao máximo quanto a escolha das pessoas. Essas pessoas devem ser altamente comprometidas com o objetivo.

4.2.2.1 Equipe de Manutenção.

Marcelo Diniz/ Gerente de Manutenção/ mdiniz@portonave.com.br;

Rodrigo Fiori/ Engenheiro de Manutenção/ rfiori@portonave.com.br;

Rômulo Bellodi/ Engenheiro de Manutenção/ rbellodi@portonave.com.br;

Carlos Machado/ PCM/ cmachado@portonave.com.br;

Marcos Brito/ Inspetor de Manutenção Mecânica/ mbrito@portonave.com.br;

David Raimundo/ Supervisor de Equipamentos /

draimundo@portonave.com.br;

Marcos Souza/ Supervisor de Planejamento/ msouza@portonave.com.br;

Osmarildo de Jesus/ Técnico de Segurança/ ojesus@portonave.com.br;

Everton Oliveira/ Planejador SR/ eoliveira@portonave.com.br;

Everton Pivatto/ Técnico em Elétrica SR/ epivatto@portonave.com.br;

4.2.2.2 Patrocinador Interno.

Renê Duarte/ Diretor Operacional/ rduarte@portonave.com.br;

4.2.2.3 Facilitador Interno.

Marcelo Diniz/ Gerente de Manutenção/ mdiniz@portonave.com.br;

4.2.2.4 Método e Estratégia de Implementação.

Método:		Estratégia de Implementação:	
<input type="checkbox"/>	Método da Força Tarefa Treinada;	<input checked="" type="checkbox"/>	Validação da Manutenção Existente;
<input type="checkbox"/>	Método Seletivo de Instalações Críticas;	<input type="checkbox"/>	Exclusão de Modos de Falha Não Críticos;
<input type="checkbox"/>	Método Abrangente de Instalações Simultâneas;	<input type="checkbox"/>	Análise Expedita por Analogia;
<input checked="" type="checkbox"/>	Método do Projeto Piloto.	<input type="checkbox"/>	Análise Expedita por Categoria;
		<input type="checkbox"/>	Base Zero.

4.2.2.5 Sistemas Candidatos.

Pareto – 80% das paradas são provenientes de 20% das falhas;

GUT - Priorização de tarefas;

5W2H – Plano de ação.

4.2.2.6 Treinamentos.

Análises de falhas (5 Porquês, FMECA, ISHIKAWA, GUT, etc);

Sistemas Computacionais, Procedimentos, Normas, Leis;

Uso de Mobiles, Check List;

Técnicas Preditivas;

RCM e TPM;

PDCA, 5S, DMAIC, Lean.

4.2.2.7 Calendários de Reuniões.

Período Treinamentos - 16 horas;

Encontros FMECA – 8 horas semanais;

Durante a Implementação do RCM – 4 horas semanais;

Após Implementação – 2 horas quinzenais.

4.2.2.8 Cronograma de Implementação.

Só aplicado a sapata pantográfica automatizada.

Formação Equipe – 01/12/2019 a 18/12/2019;

Treinamentos – 02/01/2019 a 31/01/2019;

Adequações básicas – 02/01/2019 a 28/02/2019;

Seleção do Sistema e Dados – 01/03/2019 a 31/03/2019;

Realização do FMECA - 31/03/2019 a 31/05/2019;

Revisão de Plano de Manutenção – 01/06/2019 a 30/07/2019;

Execução das Ações – 01/10/2019 a 31/10/2019;

Auditoria – 01/04/2020 a 05/04/2020.

4.2.2.9 Previsão Orçamentária.

Valores referentes a 2019/2020/2021 da Portonave para implementação total do MCC para os ativos.

Novo CMMS com dispositivos móveis – R\$ 1.300.000,00;

Software de Engenharia de Confiabilidade e RCM – R\$ 180.000,00;

Empresa de implementação do RCM – R\$ 300.000,00;

Assessoria de Implementação do RCM – R\$ 70.000,00;

Investimento em Técnicas de Preditiva – R\$ 500.000,00;

Automatização de Informação – R\$ 120.000,00;

Adequações físicas dos locais de trabalhos – R\$ 45.000,00.

4.2.3 Etapa 2 – Seleção do Sistema e Coleta das Informações.

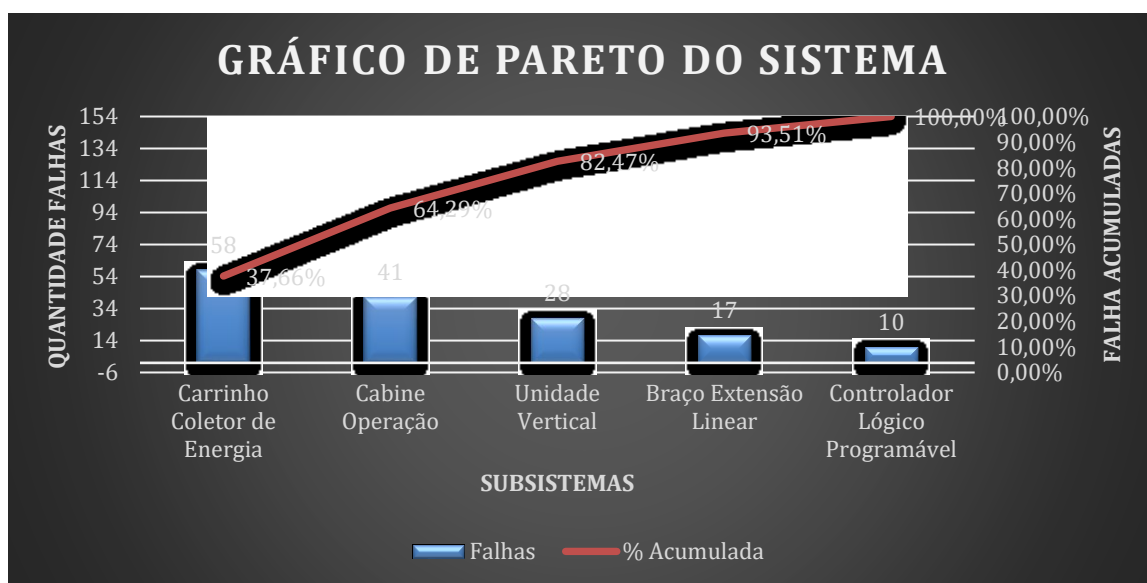
4.2.3.1 Seleção do Sistema.

Nessa etapa o objetivo é escolher, especificar, documentar o sistema que será submetido a análise de implementação da MCC.

4.2.3.1.1 Método utilizados para Seleção do Sistema.

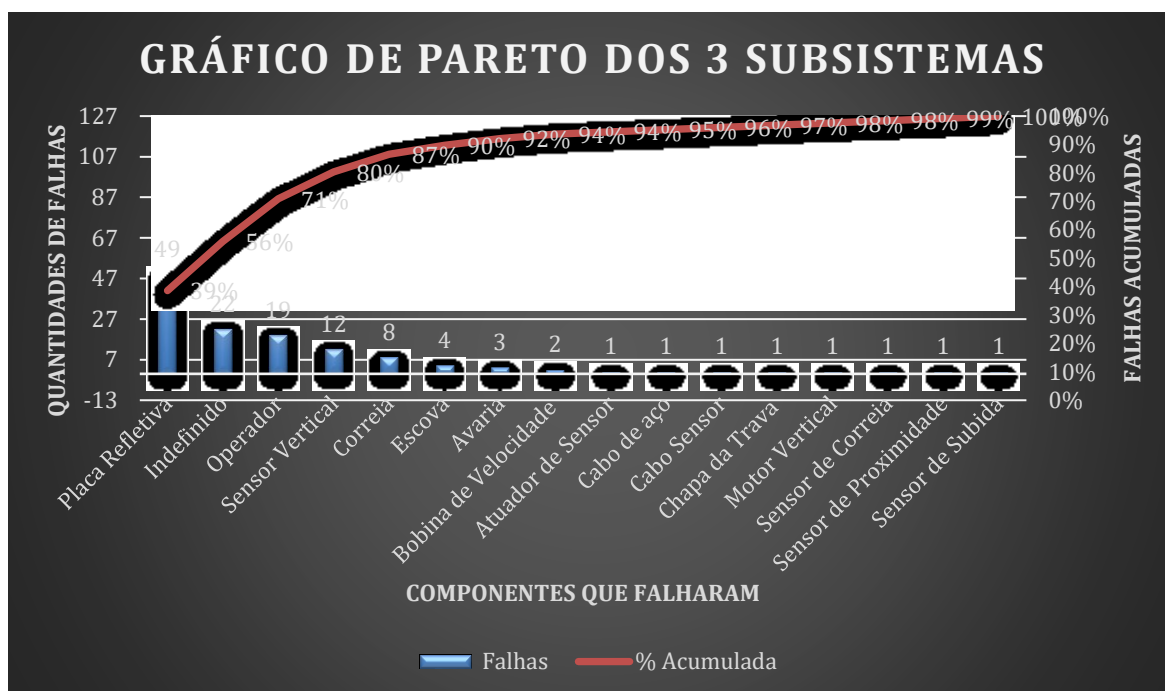
Pareto foi escolhido por ser uma das ferramentas da qualidade da Portonave.

Gráfico 4.1 – Gráfico de Pareto dos Sistemas



Fonte – o autor (2019).

Gráfico 4.2 – Gráfico de Pareto dos 3 Subsistemas



Fonte: o autor (2019).

4.2.3.1.2 Critérios utilizados para Seleção do Sistema.

O gráfico de pareto do sistema (gráfico 4.1) indicam que 82,47% das falhas estão em 3 subsistemas.

O gráfico de pareto dos subsistemas (gráfico 4.2) indicam que 80% das falhas estão em 4 componentes.

4.2.3.1.3 Resultados obtidos para a Seleção do Sistema.

O maior impacto individual (maior quantidade de falhas em um único dispositivo).

4.2.3.2 Coleta de Informações.

4.2.3.2.1 Documentação do Sistema.

- Relatório Operacional;
- Ordens de Serviço;
- Relatórios de Inspeção;
- Relatórios de Preditiva;
- Manuais;

- Históricos de Manutenções;
- KPI's;
- Procedimentos internos;
- Lista de peças;

4.2.3.3 Especificação do Contexto Operacional.

As sapatas pantográficas automatizadas instalados nos pórticos sobre pneus da Portonave estão operando continuamente desde Abril/2016 e sua garantia expirou em abril/2018 e possui uma expectativa de 15 anos de vida útil.

A sapata pantográfica automatizada é um dispositivo projetado para operar continuamente (24 horas/dia) até o limite de potência de 300kW e teve em 2018 a média diária de 9,0 horas/dia de operação sem ultrapassagem do limite de potência.

O equipamento pórtico sobre pneus a qual o dispositivo está inserido como um subsistema teve 96,35% de disponibilidade em 2018, considerando uma indisponibilidade de 3,65%, a sapata pantográfica automatizada foi responsável por 13,70% desse total.

Todas as peças utilizadas nas manutenções do dispositivo são compradas diretamente do fabricante do equipamento situado na Alemanha. O plano de manutenção atual, incluindo inspeções são totalmente conforme o manual do fabricante. Toda equipe operacional e manutenção foram treinados pelo fabricante.

O dispositivo possui sistemas de segurança que evitam que ele opere fora dos limites a qual foi projetado.

A manutenção da Portonave instalou câmeras de vídeo com visualização disponível na cabine dos pórticos sobre pneus para que os operadores tenham a possibilidade de verificar em tempo real como está a condição do equipamento. Essas câmeras foram definidas como uma redundância de performance do dispositivo no início do projeto de instalação porque nenhum operador da Portonave tinha experiência nessa tecnologia e não confiavam na mesma. Para a manutenção, as câmeras de vídeos forçaram os operadores a serem inspetores naturais de manutenção e quando conseguem visualizar alguma falha potencial, eles informam as equipes de manutenção. Essa ação operacional não tem indicação em qualquer procedimento de manutenção ou operacional.

Algumas execuções de manutenção do dispositivo foram descritas em instruções de trabalho do setor de manutenção conforme padrão do sistema gestão integrada da empresa.

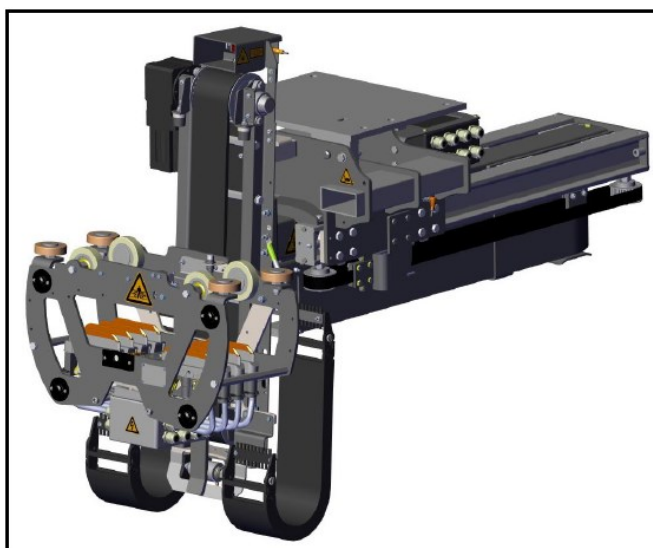
A sapata pantográfica automatizada é considerada um dispositivo totalmente seguro por ser totalmente isolado eletricamente e por possuir redundâncias de segurança contra sobrecargas elétricas e mecânicas, desalinhamento, conexão incorreta e sistemas anti-colisão.

Foi considerado um equipamento com risco zero de impacto ambiental.

4.2.3.4 Definição das Fronteiras do Sistema.

Segundo Moubray (2001), a definição da forma que um item falha ao cumprir sua função e segundo a NASA (2000), identificação dos subsistema e componentes, é um dos passos mais importantes da MCC através da definição das fronteiras.

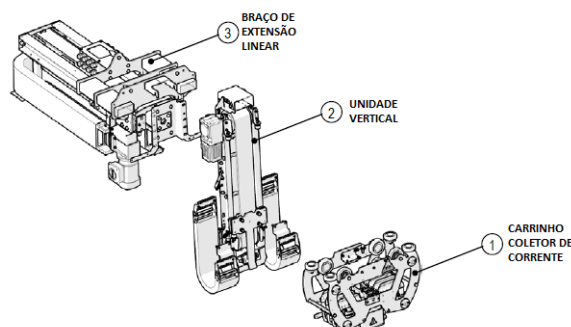
Figura 4.1 – Imagem 3D da Sapata Pantográfica Automatizada



Fonte: *Conductix Wampfler* (2015).

Separar o dispositivo considerado como sistema (figura 4.1) em suas principais partes considerado subsistemas (figura 4.2) já abrem possibilidades de interpretação da forma que essas partes podem falhar.

Figura 4.2: Desenho das Partes de Montagem da Sapata Pantográfica Automatizada



Fonte: *Conductix Wampfler* (2015).

Interpretar suas partes através de uma linguagem simples e detalhista deve facilitar no momento da definição das fronteiras (tabela 4.1).

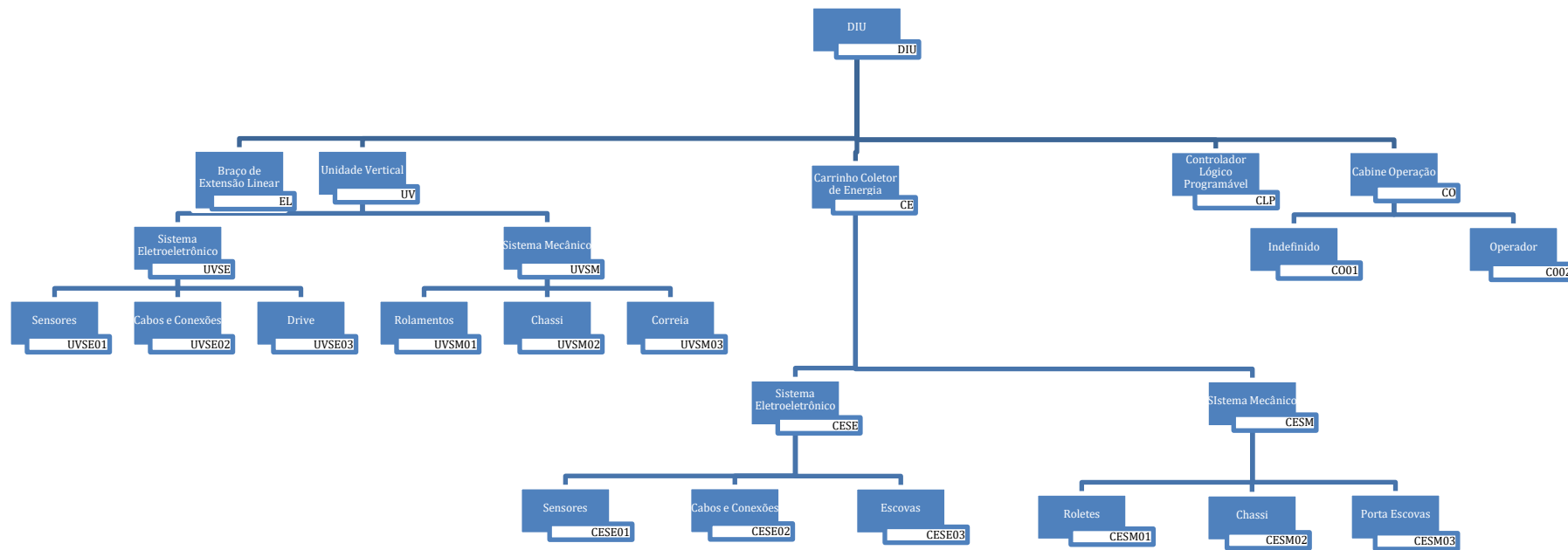
TABELA 4.1- Descrição Funcional das Partes Principais da Sapata Pantográfica Automatizada

ITEM	DESCRIÇÃO	NOTA
1	CARRINHO COLETOR DE CORRENTE	O CARRINHO COLETOR DE CORRENTE DESLOCA-SE ATRÁVES DOS ROLETES SOBRE TRILHO FIXADO NA ESTRUTURA METÁLICA DOS BARRAMENTOS CONDUTORES DE ENERGIA.
2	UNIDADE VERTICAL	A UNIDADE VERTICAL PERMITE A COMPENSAÇÃO DAS DIFERENÇAS DE ALTURA ENTRE A ESTRUTURA METÁLICA DO BARRAMENTO CONDUTOR DE ENERGIA E O PÓRTICO SOBRE PNEUS.
3	BRAÇO DE EXTENSÃO LINEAR	O BRAÇO DE EXTENSÃO LINEAR PERMITE O MOVIMENTO DE AVANÇO E RECUO DO CARRINHO E COMPENSA AS FLUTUAÇÕES NA DISTÂNCIA ENTRE A ESTRUTURA METÁLICA DO BARRAMENTO CONDUTOR DE ENERGIA E O PÓRTICO SOBRE PNEUS.

Fonte: *Conductix Wampfler* (2015).

Identificar as entradas e saídas dos sistema, subsistemas e componentes é a grande função do diagrama de fronteira (figura 24), onde pode-se visualizar a forma como item pode falhar.

Figura 4.3 – Diagrama de Fronteiras do DIU.



Fonte – o autor (2019).

Identificar todas funções no diagrama de fronteiras, pode evitar que seja negligenciada alguma função do sistema visando documentar detalhadamente (quadro 4.2 e 4.3) todos os pontos relevantes e para definir todas as tarefas (quadro 4.4 e 4.5).

4.2.4 Etapa 3 – FMECA Análise dos modos de falha, seus efeitos e criticidade.

Quadro 4.2 – FMECA.

Responsável pela Análise: Marcelo Diniz	Equipe: Equipe Manutenção Portonave	Data: 01/03/2019
Auditado por: SGI Portonave		Página / De: 01
Sistema: DIU		Id_Sistema: DIU
Subsistema Analisado: Unidade Vertical, Carrinho de Coletor de Energia, Cabine do Operador		Id_Subsistema: UV, CE, CO

Id_Função	Função	Id_Falha_Funci	Falha Funcional	Id_Modo de	Modo de Falha	Efeito			Severidade (S)	Causas do Modo de Falha	Ocorrência (O)	Controles Atuais	Detecção (D)	NPR (S.O.D)
						Local	Sistema	Planta						
UVSE01	SINALIZA QUE O COLETOR DE ESCOVAS ESTA PREPARADO PARA ENCAIXAR NO BARRAMENTO	01	COLETOR DE ESCOVAS ESTÁ PARADA NO TOPO	01	FOLGA NO SENSOR	NÃO DA PERMISSÃO	NÃO ACOPLA NO BARRAMENTO	SEM ENERGIA DO BARRAMENTO	5	VIBRAÇÃO EXCESSIVA TORQUE INADEQUADO	7	PREVENTIVA ANUAL INSPEÇÕES DE 30 DIAS	3	105
UVSE01	SINALIZA QUE O COLETOR DE ESCOVAS ESTA PREPARADO PARA ENCAIXAR NO BARRAMENTO	01	COLETOR DE ESCOVAS ESTÁ PARADA NO TOPO	02	DESLOCAMENTO DO SUPORTE DO SENSOR	NÃO DA PERMISSÃO	NÃO ACOPLA NO BARRAMENTO	SEM ENERGIA DO BARRAMENTO	6	BATIDA NO CHASSI AVARIA	5	PREVENTIVA ANUAL INSPEÇÕES DE 30 DIAS	2	60
UVSE01	SINALIZA QUE O COLETOR DE ESCOVAS ESTA PREPARADO PARA	01	COLETOR DE ESCOVAS ESTÁ PARADA NO TOPO	03	SENSOR QUEIMADO	NÃO DA PERMISSÃO	NÃO ACOPLA NO BARRAMENTO	SEM ENERGIA DO BARRAMENTO	6	INFILTRAÇÃO DE ÁGUA IMPACTOS MECÂNICOS FALHA INTERNA	4	PREVENTIVA ANUAL INSPEÇÕES DE 30 DIAS	1	24

	ENCAIXAR NO BARRAMENTO													
UVSE01	SINALIZA QUE O COLETOR DE ESCOVAS ESTA PREPARADO PARA ENCAIXAR NO BARRAMENTO	01	COLETOR DE ESCOVAS ESTÁ PARADA NO TOPO	04	SENSOR DESREGULADO	NÃO DA PERMISSÃO	NÃO ACOPLA NO BARRAMENTO	ENERGIA DO GERADOR LIGADO	5	REPARO INADEQUADO	4	PREVENTIVA ANUAL INSPETÇÕES DE 30 DIAS	2	40
CESE01	PERMITE O AVANÇO OU RECUO DO BRAÇO DE EXTENSÃO LINEAR	01	COLETOR DE ESCOVAS NÃO AVANÇA OU NÃO VAI PARA TRÁZ.	01	SENSORIAMENTO NÃO RECONHECE POSIÇÃO	NÃO DA PERMISSÃO	EQUIPAMENTO PARADO FORA DE POSIÇÃO	ENERGIA DO GERADOR LIGADO	5	UMIDADE NA PLACA REFLETIVA	8	PREVENTIVA ANUAL INSPETÇÕES DE ANUAL DIAS CORRETIVA EMERGÊNCIA DE EMERGÊNCIA	3	120
CO01	FUNCIONAMENTO ADEQUADO DO DIU	01	NÃO MOVIMENTA	01	FUNÇÕES PARADAS	PERMISSÕES NORMAIS	PARTES DO DIU NÃO FUNCIONAM	COMANDOS DO OPERADOR SEM FUNÇÃO	4	BUG DO SISTEMA FALTA DE CONHECIMENTO DO TÉCNICO E OPERADOR SOLUÇÃO RÁPIDA ATRAVÉS DE RESET	5	PREVENTIVA ANUAL INSPETÇÕES DE 30 DIAS	5	120
CO02	OPERAR O EQUIPAMENTO	01	PERDA PARCIAL DE FUNÇÕES	01	SEQUÊNCIA DAS FUNÇÕES INTERROMPIDA	PERMISSÕES NORMAIS	PORTE DO DIU NÃO FUNCIONAM	COMANDOS DO OPERADOR EM CONSIÇÕES NORMAIS	2	FALTA DE CONHECIMENTO DO OPERADOR FALTA DE TREINAMENTO DO OPERADOR OPERADOR INEXPERIENTE	6	TREINAMENTOS E RECICLAGEM INSTRUÇÃO DE TRABALHO INSTRUTOR DE EQUIPAMENTO	10	120

Fonte: adaptado de RIGONI (2019).

4.2.5 Etapa 4 – Seleção das Funções Significantes e Classificação de Seus Modos de Falhas.

Quadro 4.3 – Seleção das Funções

Responsável pela Análise: Marcelo Diniz	Equipe: Equipe de Manutenção Portonave	Data: 02/03/2019
Auditado por: SGI da Portonave		Página / De: 01
Sistema: DIU		Id_Sistema: DIU
Subsistema Analisado: Unidade Vertical, Carrinho Coletor de Energia, Cabine do Operador		Id_Subsistema: UV, CE, CO

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Modo de Falha	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha é Evidente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha afeta a Segurança e/ou o Meio Ambiente?	A Falha Funcional ou o Efeito do Modo de Falha tem conseqüências Econômicas e/ou Operacionais?	Categoria ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional
UVSE01	01	01	FOLGA NO SENSOR	SIM	NÃO	SIM	EEO
CESE01	01	01	SENSORIAMENTO NÃO RECONHECE POSIÇÃO	SIM	NÃO	SIM	EEO
CO01	01	01	FUNÇÕES PARADAS	NÃO	NÃO	SIM	OEO
CO02	01	01	SEQUÊNCIA DAS FUNÇÕES INTERROMPIDA	NÃO	NÃO	SIM	OEO

Fonte: adaptado de RIGONI (2019).

4.2.6 Etapa 5 – Seleção das Tarefas da Manutenção Aplicáveis e Efetivas.

Quadro 4.4 – Seleção de Tarefas

Responsável pela Análise: Marcelo Diniz	Equipe: Equipe de Manutenção Portonave	Data: 04/03/2019
Auditado por: SGI Portonave		Página / De: 01
Sistema: DIU		Id_Sistema: DIU
Subsistema Analisado: Unidade Vertical, Carrinho Coletor de Energia, Cabine do Operador		Id_Subsistema: UV, CE, CO

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Consequência ESA – Evidente Segurança Ambiente EEO – Evidente Econômico Operacional OSA – Oculto Segurança Ambiente OEO – Oculto Econômico Operacional	Tarefas Possíveis							Tarefa Proposta	Id_Tarefa	
				Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção	Mudança de Projeto			Reparo Funcional
UVSE01	01	01	EEO			X		X				Inspeção quinzenal; Preventiva de 60 dias;	INSP15 PREV60
CESE01	01	01	EEO							X	X	Solicitação de Solução Técnica ao Fabricante; Limpeza e Aplicação de Produto 12 horas antes de neblina prevista;	SSTF LAP12
CO01	01	01	OEO	X								Treinamento de reciclagem para equipe de manutenção a cada 180 dias Solicitação de Solução Técnica ao Fabricante; Colocar o DIU no protocolo de comunicação do CLP do equipamento para comunicar com o CMMS da empresa;	TREM SSTF SSTP
CO02	01	01	OEO	X								Treinamento operacional a cada 120 dias	TREO

Fonte: adaptado de RIGONI (2019)

4.2.7 Etapa 6 –Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção

Quadro 4.5 – Definição de Intervalos Iniciais

Responsável pela Análise: Marcelo Diniz	Equipe: Equipe de Manutenção Portonave	Data: 05/03/2019
Auditado por: SGI Portonave		Página / De: 1
Sistema: DIU		Id_Sistema: DIU
Subsistema Analisado: Unidade Vertical, Carrinho Coletor de Energia, Cabine do Operador		Id_Subsistema: UV, CE, CO

Id_Função	Id_Falha_Funcional	Id_Modo de Falha	Id_Tarefa	Descrição da Tarefa Proposta	Intervalo Inicial	Agrupamento da Tarefa	Equipe Responsável
UVSE01	01	01	INSP15	Inspeção Elétrica quinzenal	15 DIAS	EE	Eletricista de Equipamentos
UVSE01	01	01	PREV60	Preventiva Elétrica de 60 dias	60 DIAS	EE	Eletricista de Equipamentos
CESE01	01	01	SSTF	Solicitação de Solução Técnica ao Fabricante	10 DIAS	EE	Técnico de Elétrica de Equipamentos
CESE01	01	01	LAP12	Limpeza e Aplicação de Produto 12 horas antes de neblina prevista;	10 DIAS	EE	Ajudante de Elétrica
CO01	01	01	TREM	Treinamento de reciclagem para equipe de manutenção elétrica a cada 180 dias	180 DIAS	FE	Engenheiro do Fabricante
CO01	01	01	SSTF	Solicitação de Solução Técnica ao Fabricante;	10 DIAS	EE	Técnico de Elétrica de Equipamentos

CO01	01	01	SSTP	Colocar o DIU no protocolo de comunicação do CLP do equipamento para comunicar com o CMMS da empresa;	360 DIAS	EE	Engenheiro de Manutenção
CO02	01	01	TREO	Treinamento operacional a cada 120 dias	120 DIAS	EO	Instrutor Operacional

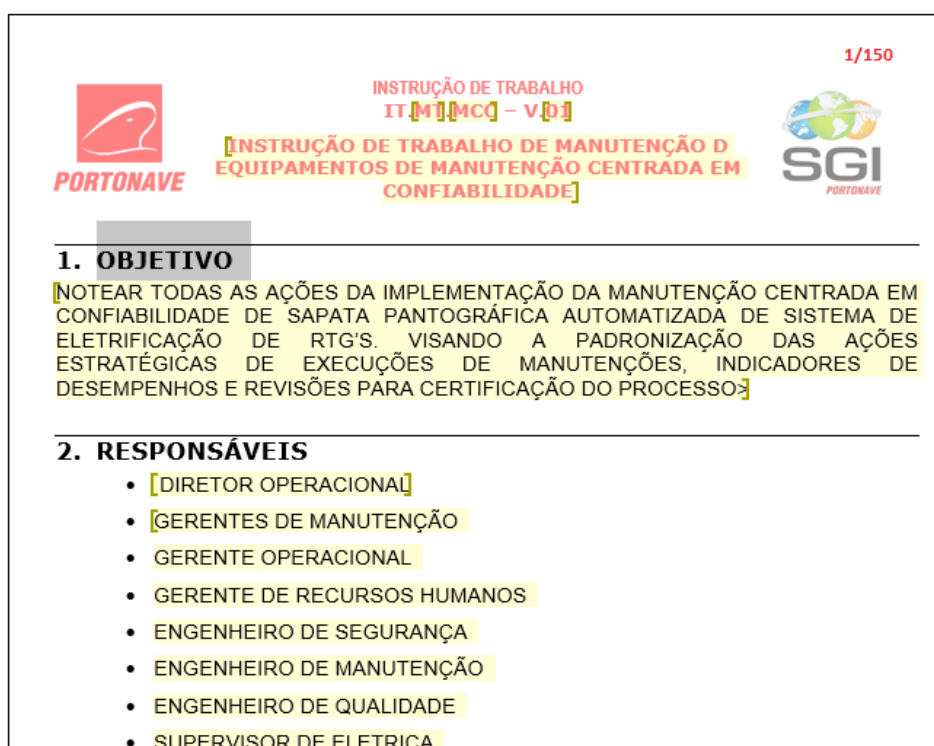
Fonte: adaptado de RIGONI (2009).

4.2.8 Etapa 07 – Redação do Manual e Implementação.

4.2.8.1 Manual.

O manual será baseado em toda implementação desse trabalho considerando os procedimentos internos do SGI da Portonave, mas será redigido como “ Instrução de Trabalho de Manutenção de Equipamentos de Manutenção Centrada em Confiabilidade versão 01 - IT.MT. MCC.01 (Figura 4.4).

Figura 4.4 – Instrução de Trabalho



Fonte: o autor (2019).

4.2.8.2 Implementação.

Todas as tarefas serão imputadas no CMMS da Portonave pela equipe de PCM, serão inseridas como etapas da manutenção dos equipamentos dos RT01 (figura 4.5) ao RT18. Todas as ordens de serviço serão automaticamente geradas baseados nos horímetros dos equipamentos e entram na programação de serviços conforme disponibilidades operacionais dos equipamentos, mão de obra técnica e estoque de materiais.

Figura 4.5 – Plano de Manutenção DIU

Bem		Nome Bem	Serviço	Nome Serviço	Sequência	Nome da Manutenção	Última Manutenção	Calendário	Acompanhamento	Tempo	Quantidade	Unidade	Valor	Valor Máximo	Período
RT01	DRIVE IN UNIT (SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO)	DE - INSPEÇÃO ELÉTRICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA ELÉTRICA	1	INSPEÇÃO ELÉTRICA DIU 30 DIAS	25/06/2019	24H	Tempo	30	Dia(s)	0	0	Repetitiva		
	DRIVE IN UNIT (SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO)	PE - PREVENTIVA DE ELÉTRICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA ELÉTRICA	1	PREVENTIVA ELÉTRICA DE DIU ANUAL	22/11/2018	24H	Tempo	365	Dia(s)	0	0	Repetitiva		
	DRIVE IN UNIT (SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO)	DE - INSPEÇÃO ELÉTRICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA ELÉTRICA	1	INSPEÇÃO ELÉTRICA QUINZENAL	25/06/2019	24H	Tempo	15	Dia(s)	0	0	Repetitiva		
	DRIVE IN UNIT (SISTEMA DE ELETRIFICAÇÃO)	PE - PREVENTIVA DE ELÉTRICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA ELÉTRICA	1	PREVENTIVA ELÉTRICA DE 60 DIAS	25/06/2019	24H	Tempo	60	Dia(s)	0	0	Repetitiva		
	RTG - ELEVACAO	DM - INSPEÇÃO MECÂNICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA MECÂNICA	1	PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO DA ELEVACAO	08/01/2019	24H	Contador	0		1508	1000	Repetitiva		
	RTG - ELEVACAO	PME - INSPEÇÕES DE CABOS DE AÇO DO EQUIPAMENTO	MECANICA CABOS DE AÇO	1	INSPEÇÃO DE CABO DE AÇO 300 HORAS	22/05/2019	24H	Tempo/Contador	90	Dia(s)	16097	300	Repetitiva		
	RTG - ELEVACAO	3 - PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO	1	LUBRIFICAÇÃO DA ELEVACAO (300 HORAS)	05/06/2019	24H	Contador	0		16148	300	Repetitiva		
	RTG - ELEVACAO	3 - PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO	2	LUBRIFICAÇÃO DA ELEVACAO (1000 HORAS)	05/06/2019	24H	Contador	0		16148	1000	Repetitiva		
	RTG - ELEVACAO	3 - PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO	3	LUBRIFICAÇÃO DE CABOS DE AÇO	14/03/2019	24H	Contador	0		15732	750	Repetitiva		
	RTG - ELEVACAO	PE - PREVENTIVA DE ELÉTRICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA ELÉTRICA	1	PREVENTIVA ELÉTRICA DE ELEVACAO - ANUAL	05/06/2019	24H	Tempo	365	Dia(s)	0	0	Repetitiva		
	RTG - GRUPO GERADOR	PM - PREVENTIVA DE MECÂNICA NO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA MECÂNICA	1	PREVENTIVA MECÂNICA 500 HORAS OU ANUAL	12/02/2019	24H	Tempo/Contador	365	Dia(s)	368	500	Repetitiva		
	RTG - GRUPO GERADOR	PM - PREVENTIVA DE MECÂNICA NO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA MECÂNICA	2	PREVENTIVA MECÂNICA 1000 HORAS OU 2 ANOS	17/01/2018	24H	Tempo/Contador	24	Mez(es)	628	1000	Repetitiva		
	RTG - GRUPO GERADOR	PM - PREVENTIVA DE MECÂNICA NO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA MECÂNICA	3	PREVENTIVA MECÂNICA 3000 HORAS OU 2 ANOS	17/01/2018	24H	Tempo/Contador	24	Mez(es)	628	3000	Repetitiva		
	RTG - GRUPO GERADOR	PM - PREVENTIVA DE MECÂNICA NO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA MECÂNICA	5	PREVENTIVA MECÂNICA 20 000 HRS	04/11/2015	24H	Contador	0		1	20000	Repetitiva		
	RTG - TRANSLACAO	DM - INSPEÇÃO MECÂNICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA MECÂNICA	1	PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO TRANSLACAO	12/02/2019	24H	Contador	0		6372	250	Repetitiva		
	RTG - TRANSLACAO	3 - PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO	1	LUBRIFICAÇÃO DA TRANSLACAO (150 HORAS)	03/06/2019	24H	Contador	0		6536	150	Repetitiva		
	RTG - TRANSLACAO	3 - PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA DE LUBRIFICAÇÃO	2	LUBRIFICAÇÃO DAS CORRENTES DE TRANSLACAO	03/06/2019	24H	Contador	0		6536	75	Repetitiva		
RTG - TRANSLACAO	PE - PREVENTIVA DE ELÉTRICA DO EQUIPAMENTO	PREVENTIVA ELÉTRICA	1	PREVENTIVA ELÉTRICA DE TRANSLACAO - ANUAL	05/06/2019	24H	Tempo	365	Dia(s)	0	0	Repetitiva			

Fonte: o autor (2019).

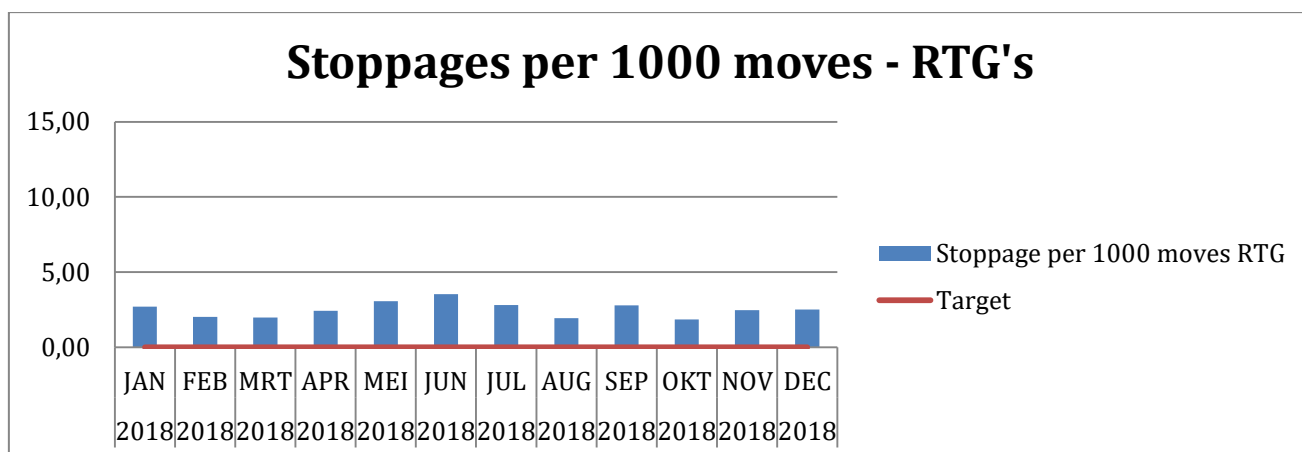
4.2.9 ETAPA 8 – Acompanhamento e Realimentação.

4.2.9.1 Indicadores de Desempenho.

Para medir o desempenho da MCC serão utilizados *KPI's* consolidados no mercado. A equipe de manutenção da Portonave irá utilizar TMEF, TMPR, Disponibilidade e o Stoppages específico da área portuária.

O indicador *Stoppages per 1000 movês- RTG's* (gráfico 4.3) é calculado através da multiplicação de um mil movimento de contêineres pelo resultado da soma de todas as paradas emergenciais de todos os equipamentos dividido pela soma de todos contêineres movimentados de todos os equipamentos. Esse indicador mundial é utilizado para realizar a comparação das performances de equipamentos entre terminais portuários do grupo.

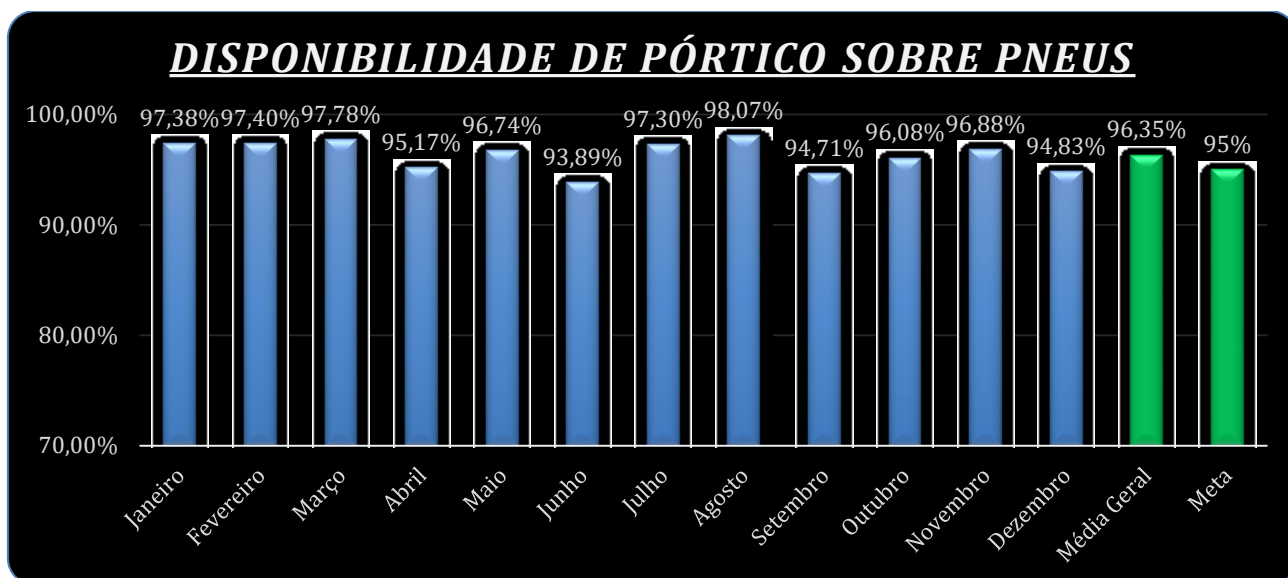
Gráfico 4.3 – Indicador 2018 do Setor Portuário Classe Mundial



Fonte: o autor (2019).

A disponibilidade de pórtico sobre pneus (gráfico 4.4) demonstra a performance mensal do grupo de equipamento, se a meta de 95% não for atingida, são analisadas as causas dos problemas e gerado um plano de ação para eliminar a causa raiz.

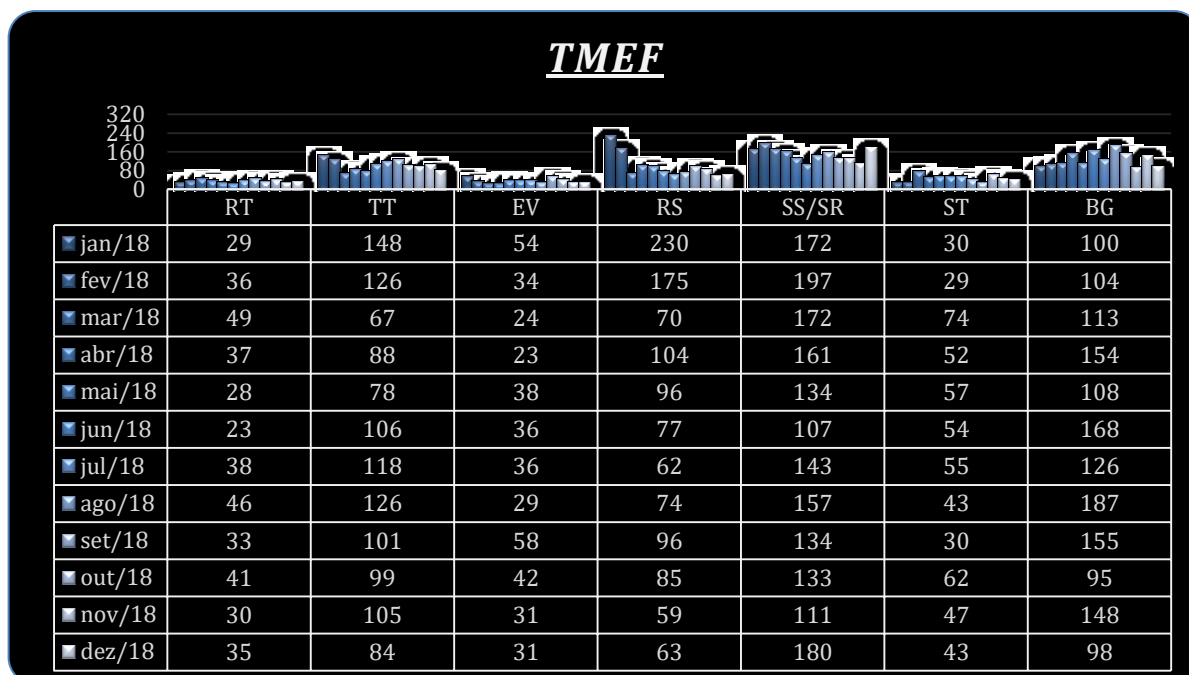
Gráfico 4.4 – Indicador de Disponibilidade 2018 de Pórtico Sobre Pneus



Fonte: o autor (2019).

O TMEF- Tempo Médio Entre Falhas (gráfico 4.5) mede a confiabilidade dos equipamentos e consequentemente a qualidade do serviço realizado pela equipe de manutenção.

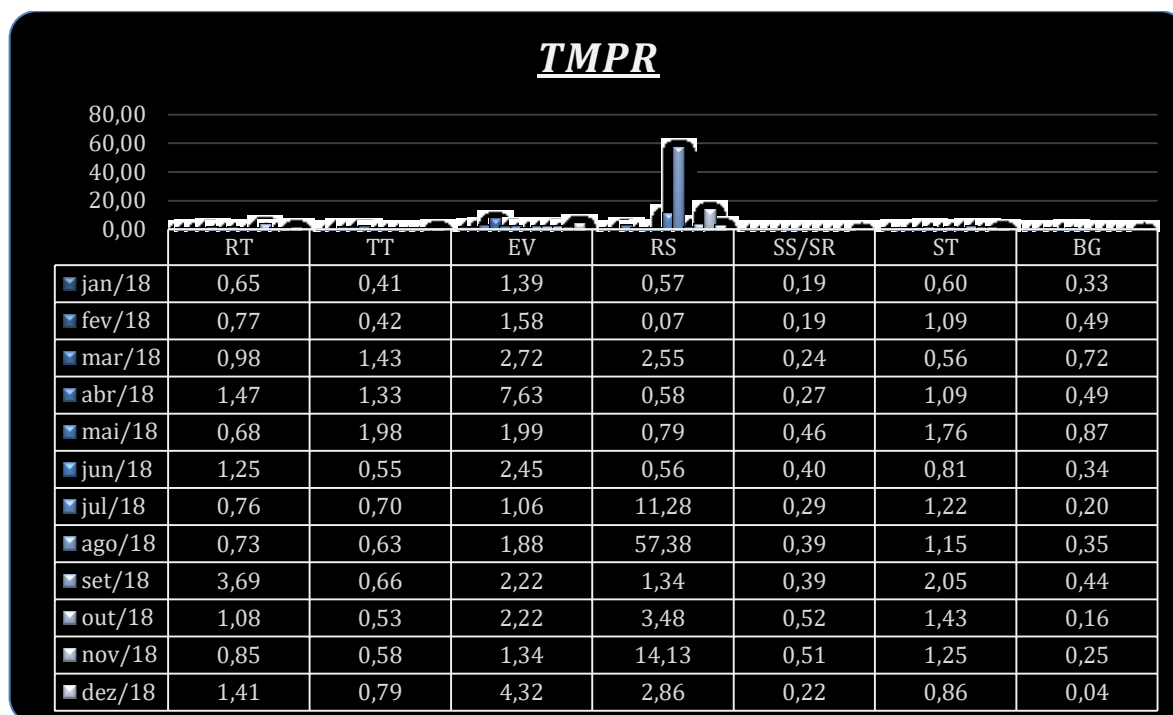
Gráfico 4.5 – Indicador de TMEF 2018 de Equipamentos.



Fonte: o autor (2019).

O TMR – Tempo Médio Para Reparo (gráfico 4.6) mede o tempo utilizado para colocar um equipamento em operação após uma falha. Esse indicador também demonstra se os recursos da manutenção são adequados para atender à necessidade operacional.

Gráfico 4.6 – Indicador de TMR 2018 de Equipamentos



Fonte: o autor (2019).

4.2.9.2 – Realimentação.

As realimentações de informações do MCC serão realizadas pelo sistema computacional da empresa com o preenchimento das ordens de serviço ao final das execuções pela equipe de manutenção, através de dispositivos móveis vinculados a rede da empresa, dessa forma teremos dados confiáveis e auditáveis. Além disso, os equipamentos estarão conectados pela telemetria ao CMMS, ERP e ao TOS, visando integração dos sistemas computacionais dos setores para facilitar a programação de serviço e operação, gerenciamento de estoque, controle de custos, depreciação de ciclo de vida dos ativos, etc. Além disso, usaremos a gestão a vista entre os setores para possibilitar o acompanhamento em tempo real dos indicadores de performance para facilitar as tomadas de decisões operacionais.

5 CONCLUSÃO.

Esse trabalho foi início de uma mudança de cultura para as pessoas envolvidas. As pesquisas realizadas, conhecimento absorvido e o aprendizado em torno do tema, deram uma visão de quanto é importante implantar uma MCC em uma empresa consolidada com diretrizes estratégicas definidas.

Antes sem os conceitos do MCC, era entendido que as tarefas dos planos de manutenção da Portonave estavam adequados, porque tudo era baseado nos manuais dos fabricantes, práticas do mercado e normas. Contudo, evidenciamos na prática que o plano de manutenção do equipamento DIU, utilizado para fazer esse trabalho não estava de acordo com a performance desejada e esperada considerando o projeto inicial da eletrificação dos pórticos sobre pneus. As ações que foram definidas nesse trabalho serão colocadas em prática e em pouco tempo poderemos evidenciar através dos KPI's os resultados positivos.

Além disso, a MCC quando for adotada totalmente na Portonave, possibilitará a equipe de manutenção da Portonave suportar qualquer mudança planejada e não planejadas da companhia, sem perda de qualidade em suas obrigações diárias de manter os ativos e garantir a segurança das equipes e dos equipamentos.

Possibilitará melhorar o processo de manutenção continuamente de forma organizada e a sua qualidade auditada através do SGI da empresa e empresas externas certificadoras. Manteremos as pessoas motivadas e felizes em fazer parte da equipe Portonave.

Acreditamos ainda que a MCC da Portonave será exemplo a ser seguido pelos outros 52 terminais de contêineres pelo mundo, porque hoje somos o terminal de referência operacional e financeiro do grupo no mundo.

5.1 Sugestões Para Trabalhos Futuros.

- Aplicar a MCC em todos os subsistemas de pórtico sobre pneus;
- Aplicar a MCC em guindaste Ship-to-Shore;
- Aplicar a MCC em equipamentos de câmara frigorífica automatizada;
- Aplicar a MCC em conjunto com TPM em empilhadeiras de grande porte de armazenagem de contêineres;

- Aplicar a MCC em conjunto com TPM em equipamentos rodantes de movimentação de contêineres;

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade: Terminologia**. Rio de Janeiro, 1994.
- ATA MSG-3. **Operator Manufacture Scheduled Maintenance Development**. Air Transport Association of America INC, USA 2003.
- BLOOM, Neil B. **Reliability Centered Maintenance: Implementation Made Simple**. Editora McGraw – Hill Inc. 2006.
- CONDUCTIX WAMPFLER. **Assembly Instructions**, E- RTG™ / RTG Electrification System 0852 Drive – In 4P – Steel Structure, 2015.
- IEC-60300-3-11. **Dependability Management Part 3-11: Application Guide – Reliability Centered Maintenance**. Primeira Edição, IEC – International Electrotechnical Commission, 1999.
- MÁRQUEZ, A. C; LÉON, P. M; FERNÁNDEZ, J. F. G; MÁRQUEZ, C. P; CAMPOS, M. L. **The Maintenance Management Framework. A Pratical View to Maintenance Management**. Journal of Quality in Maintenance Engineering, 2009.
- MOUBRAY, John. **RCM2 – Manutenção Centrada em Confiabilidade**, 2ed. Lutterworth, Inglaterra: Aladon Ltd, 2001.
- NASA – National Aeronautics and Space Administration. **Reliability Centered Maintenance Guide for Facilities and Collateral Equipment**. NASA, 2000.
- NIU, G; YANG, B; PECHT, M. **Development of an Optimized Condition-based Maintenance System by Data Fusion and Reliability-centered Maintenance**. Reliability Engineering and System Safety, 2010.
- NOELL. **Technical Data Sheet**. Rubber – Tyred Gantry Crane, RTG 67 / 23.47 / 5 + 1 AC, 2007.
- PINTO, A. K; XAVIER, J. A. N. **Manutenção: Função Estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
- RAUSAND, M. **Reliability Centered Maintenance**. Reliability Engineering and System Safety, 1998.
- RIGONI, Emerson. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Conhecimento e Lógica Fuzzy**. Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia, Florianópolis, 2009.
- SAE-JA1011. **Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance (RCM) Process**. Standard Society of Automotive Engineers, 1999.

SAE-JA1012. **Guide to the Reliability Centered Maintenance (RCM) Standard.** Standard Society of Automotive Engineers, 2002.

SANTOS, W. B; COLOSIMO, E. A; MOTTA, S. B. **Tempo Ótimo entre Manutenções Preventivas Para Sistemas Sujeitos a mais de um Tipo de Evento Aleatório.** Revista Gestão e Produção, 2007.

SILVINO, Vinícius Ribeiro Gomes. **Avaliação do Transporte de Contêiner no Brasil e o Potencial do Porto do Açu para Operar com Movimentação de Contêiner na Ótica de Hub Port.** Projeto de Graduação Apresentado ao Curso de Engenharia Naval e Oceânica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos Requisitos Necessários à Obtenção do Título de Engenheiro, Rio de Janeiro, 2017.

SIQUEIRA, Iony Patriota de. **Manutenção Centrada na Confiabilidade – Manual de Implementação**, 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SMITH, A.M., **Reliability Centered Maintenance**, Boston Editora McGraw Hill, 1993.

SMITH, A.M., HINCHCLIFFE, G.R., **RCM – Gateway to World Class Maintenance.** Editora Elsevier Butterworth – Heinemann, 2004.

Referência de Internet.

Portonave S/A – Relatório de Sustentabilidade 2018.
http://www.portonave.com.br/site/wp-content/uploads/RELATORIO_SUSTENTABILIDADE_PORTONAVE_2018_interativo-2.pdf.

Goran Matešić (Port of Koper) 7 th International Conference for European Energy Managers Workshop: Fleet/Mobility Management 24th / 25th October 2016, Berlin
[https://www.mittelstand-energiwende.de/fileadmin/user_upload_mittelstand/Presse/2016-10-24_25_Electrification_of_RTG - Cranes in the Port of Koper Matesic.pdf](https://www.mittelstand-energiwende.de/fileadmin/user_upload_mittelstand/Presse/2016-10-24_25_Electrification_of_RTG_-_Cranes_in_the_Port_of_Koper_Matesic.pdf)

<https://www.turbosquid.com/3d-models/3d-rubber-tyred-gantry-crane-terex/932009>

[https://www.conductix.us/sites/default/files/downloads/REF0813-0019-E E-RTG Georgia Ports Savannah USA.pdf](https://www.conductix.us/sites/default/files/downloads/REF0813-0019-E_E-RTG_Georgia_Ports_Savannah_USA.pdf)

<https://br.depositphotos.com/53247289/stock-photo-wooden-barrel-barrel-made-of.html>

<https://www.indiamart.com/proddetail/dry-van-container-17676367633.html>

<https://dcomercio.com.br/categoria/opiniao/mclean-e-o-conteiner-a-reinvencao-da-roda>

<https://www.docsity.com/pt/conteiner/4730042/>